

Docket No.: 61352-051

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Yoshiaki HASEGAWA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: October 20, 2003	:	Examiner:
	:	
For: METHOD FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE		

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

Japanese Patent Application No. 2001-330437, filed October 29, 2001

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:mcw
Facsimile: (202) 756-8087
Date: October 20, 2003

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

61352-051
October 20, '03
HASEGAWA et al

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2001年10月29日

出願番号
Application Number:

特願2001-330437

[ST.10/C]:

[JP2001-330437]

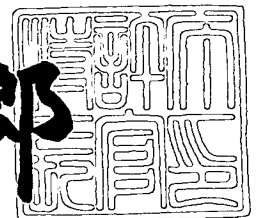
出願人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 3月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3021601

【書類名】 特許願

【整理番号】 2030230075

【提出日】 平成13年10月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18
H01L 33/00
H01L 21/205

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 長谷川 義晃

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 嶋本 敏孝

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 菅原 岳

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

▼ 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の主面上に成長した窒化物系 III-V 族化合物半導体上に絶縁膜を間隔をおいてストライプ状に周期的に形成する工程と、その上に窒化物系 III-V 族化合物半導体を再度成長する工程を備えており、前記絶縁膜と絶縁膜の開口間隔との比率（開口率）が基板主面上において一定でないことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】 再度成長した前記半導体が、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて、基板の主面に平行方向に成長することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】 前記絶縁膜の開口部分に再度成長した前記半導体では転位密度が多く、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて成長した前記半導体では転位密度が低減していることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】 前記絶縁膜の開口率が異なる各領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体が各々平坦化することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】 前記絶縁膜の開口率が異なる領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体の基板の主面に垂直方向の積層膜厚が異なることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】 再度成長する前記半導体が窒化物系 III-V 族化合物半導体で構成され、少なくとも活性層、クラッド層、コンタクト層を有する半導体レーザ構造であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が変化することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 8】 再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端

面付近の領域で、基板の主面に垂直方向に不連続であることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 9】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が減少することを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の積層膜厚が薄膜化することを特徴とする請求項 5 または 9 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 11】 再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の基板側に変化することを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 12】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主に活性層を伝搬しないことを特徴とする請求項 11 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 13】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層をレーザ光が主に伝搬することを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 14】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主にクラッド層を伝搬することを特徴とする請求項 13 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 15】 前記絶縁膜の開口率が変化する片端面当たりの領域が、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面から共振器長の 10 % 以内の領域であることを特徴とする請求項 7 から 13 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 16】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、電流非注入構造を有することを特徴とする請求項 7 から 15 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 17】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域

で、前記レーザ構造の電極を除去することで電流非注入構造とすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 1 8】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記レーザ構造の電極の下に絶縁膜を形成することで電流非注入構造とすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 1 9】 再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、共振器端面に誘電体膜をコーティングする際に、前記レーザ構造の電極上に誘電体膜が付着する領域が、前記電流非注入領域内に位置することを特徴とする請求項 1 6 から 1 8 のいずれかに記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2 0】 共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して高反射膜となる誘電体多層膜であることを特徴とする請求項 1 9 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2 1】 共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して低反射膜となることを特徴とする請求項 1 9 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2 2】 共振器端面にコーティングする誘電体膜が端面汚染を防止する保護膜となることを特徴とする請求項 1 9 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化物系 III-V 族化合物半導体で構成される、青紫光から紫外光に及ぶ短波長領域の半導体発光素子の製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、次世代の高密度光ディスク用光源として青紫色の光を発するレーザダイオードに対する要望が高まり、特に、青紫光から紫外光に及ぶ短波長領域で動作可能な窒化ガリウム (GaN) 系の III-V 族化合物半導体発光素子の研究開発が盛んに行われている。さらに、その光ディスク装置はレコーダーとして高密度・高速

記録用が待望されているため、高光出力で信頼性の高いGaN系半導体レーザが必要となっている。

【0003】

最近、GaN系レーザの長寿命化のために、サファイア基板上に成長したGaN系半導体に二酸化珪素 (SiO₂) などの絶縁膜を堆積し、この絶縁膜上にGaN系半導体を選択成長し転位密度を低減する手法が採用されている。この選択成長に関して、第1の文献「IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol.1.4 (1998) 483-489」および第2の文献「Journal of Crystal Growth, Vol.195 (1998) 328-332」がある。第1の文献によれば、GaNの $\langle 1-100 \rangle$ 方向にラインアンドスペース状のSiO₂膜を周期的に形成することで、選択成長したGaN系半導体が平坦につながり、低転位基板として利用できるようになることが示されている。また、第2の文献によれば、選択成長したGaN系半導体の基板垂直方向および基板水平方向の成長速度は、SiO₂膜部分 (幅: W_l) と開口部分 (幅: W_s) の開口率 (W_s/(W_l+W_s)) に依存することが示されている。この選択成長技術をレーザに適用した文献として、第3の文献「Applied Physics Letters, Vol.77 (2000) 1931-1933」および第4の文献「IEICE Transuction Electron, Vol.E83-C (2000) 529-535」がある。第3の文献によれば、選択成長によりレーザ構造の転位密度を1E10cm⁻²程度から1E7cm⁻²程度に低減できることが示されている。また、第4の文献によれば、SiO₂膜のライン幅: W_l=8mmと開口幅: W_s=4mmの開口率: W_s/(W_l+W_s)=0.33の選択成長を用いて前記程度に転位密度を低減することで、レーザの閾値電流が低減し1000時間オーダーの長寿命化が図られることが示されている。

【0004】

しかしながら、一般に半導体レーザを高光出力動作させると、レーザ端面が局部的に熱的破壊される光学損傷 (COD: Catastrophic Optical Damage) が生じることが知られている。レーザ端面には表面準位が多いため、これを介した非発光再結合が多い。このため、CODとは、注入キャリア密度がレーザ端面で少なくなりレーザ光の吸収領域となるため局所的発熱が顕著になる現象である。実際に、第4の文献「IEICE Transuction Electron, Vol.E83-C (2000) 529-535」によれ

ば、GaN系レーザにおいても30mWで高光出力動作させた場合には、レーザ端面にCODが発生して劣化する実例が示されている。

【0005】

また、高光出力用半導体レーザにおいては、高光出力動作に伴い発生する熱を効率的にヒートシンクへ放熱するために、レーザのp-n接合側をヒートシンクに近づけて、サブマウントおよび半田を介してマウントする（pサイドダウン）実装が有効である。ただし、光出射端面側に半田が付着しないように端面近傍と半田とを空間的に分離するなど、実装時には注意が必要である。このため、pサイドダウン実装を施しても、レーザ端面近傍では放熱性が悪化してCODが発生する可能性がある。

【0006】

現在の高光出力化を目指したGaN系レーザ開発では、レーザの動作電流および動作電圧を低減し低消費電力化を図ることで発熱を抑制し、レーザ端面におけるCOD発生を防ぎ寿命改善を行なっている。しかしながら、次世代光ディスク装置のより一層の高密度・高速記録化の実現を目指した場合には、COD発生によるレーザ劣化が危惧される。

【0007】

そこで、我々は、GaN系レーザの結晶成長時点で低転位構造と端面窓構造を同時に実現し、COD発生を根本的に抑制することで、高密度・高速記録化に適した高光出力用GaN系レーザを高歩留り・低コストで製造できる方法を見出した。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、GaN系紫色レーザの結晶成長で低転位構造と端面窓構造を同時に実現し、高光出力動作で長寿命化が可能なGaN系レーザを高歩留り・低コストで製造する方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る第1の半導体発光素子の製造方法は、前記の目的を達成し、基板の主面上に成長した窒化物系III-V族化合物半導体上に絶縁膜を間隔をおいてス

トライプ状に周期的に形成する工程と、その上に窒化物系III-V族化合物半導体を再度成長する工程を備えており、前記絶縁膜と絶縁膜の開口間隔との比率（開口率）が基板主面上において一定でないことを特徴とする。開口率が一定でないことにより、再度成長する前記半導体の基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 1 0 】

第2の半導体発光素子の製造方法は、前記第1の製造方法において、再度成長した前記半導体が、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて、基板の主面に平行方向に成長することを特徴とする。開口率が一定でないために、前記絶縁膜上に成長した前記半導体においても、基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 1 1 】

本発明に係る第3の半導体発光素子の製造方法は、前記第1および第2の製造方法において、前記絶縁膜の開口部分に再度成長した前記半導体では転位密度が多く、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて成長した前記半導体では転位密度が低減していることを特徴とする。開口間隔が一定でないことにより、転位密度の少ない領域において、基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 1 2 】

第4の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3の製造方法において、前記絶縁膜の開口率が異なる各領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体が各々平坦化することを特徴とする。再度成長した前記半導体が平坦化することにより、低転位基板として利用することが可能になる。

【 0 0 1 3 】

第5の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3、4の製造方法において、前記絶縁膜の開口率が異なる領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体の基板の主面に垂直方向の積層膜厚が異なることを特徴とする。開口率の異なる位置を任意に選ぶことにより、再度成長する前記半導体の基板垂直方向の膜厚分布も任意に変化させることが可能になる。

【0014】

本発明に係る第6の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3、4の製造方法において、再度成長する前記半導体が窒化物系III-V族化合物半導体で構成され、少なくとも活性層、クラッド層、コンタクト層を有する半導体レーザ構造であることを特徴とする。前記絶縁膜上に成長した前記レーザ構造では、転位密度が低減しているために、レーザの長寿命化が可能になる。また、開口間隔が一定でないために、前記レーザ構造において基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【0015】

第7の半導体発光素子の製造方法は、前記第6の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が変化することを特徴とする。共振器端面で開口間隔が変化するために、共振器端面で基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【0016】

本発明に係る第8の半導体発光素子の製造方法は、前記第7の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向に不連続であることを特徴とする。共振器端面で活性層位置が変化するために、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【0017】

第9の半導体発光素子の製造方法は、前記第6、7、8の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が減少することを特徴とする。共振器端面で開口率が減少するために、基板の主面に垂直方向の積層膜厚を共振器端面で薄膜化することができ、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能

になる。

【 0 0 1 8 】

本発明に係る第 1 0 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 5 および第 9 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の積層膜厚が薄膜化することを特徴とする。この薄膜化により、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。また、端面付近でレーザ構造が薄膜化しているために、基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、端面以外のレーザ素子の大部分が十分に放熱されることになる。一方、端面付近で厚膜化すれば、レーザ素子の端面部のみ放熱されることになるため、レーザ素子全体の発熱が増加し長寿命化に寄与しないことになる。

【 0 0 1 9 】

第 1 1 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 8、9、1 0 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の基板側に変化することを特徴とする。活性層位置が基板側に変化することで、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る第 1 2 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 1 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主に活性層を伝搬しないことを特徴とする。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 1 】

第 1 3 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 1 および第 1 2 の製造方法に

において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層をレーザ光が主に伝搬することを特徴とする。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 2 】

本発明に係る第 1 4 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 3 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主にクラッド層を伝搬することを特徴とする。活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きなクラッド層を共振器端面に配置することにより、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 3 】

第 1 5 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 7、8、9、10、11、12、13 の製造方法において、前記絶縁膜の開口率が変化する片端面当たりの領域が、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面から共振器長の 10 % 以内の領域であることを特徴とする。開口率変化領域が増加すると、レーザ光の吸収領域が増加することになるため、動作電流の増加を招きレーザ素子の信頼性を低下させることになる。このため、共振器長の 10 % 以内に制限することで動作電流の増加を抑制し、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱を抑制する効果でCODのような端面劣化を防ぎ、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 4 】

本発明に係る第 1 6 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 7、8、9、10、11、12、13、14、15 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、電流非注入構造を有することを特徴とする。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収によるCODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 5 】

第 1 7 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 6 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記レーザ構造の電極を除去することで電流非注入構造とすることを特徴とする。電流注入を可能にする電極を除去することで、端面付近では電流が流れないことになる。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収による COD のような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る第 1 8 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 6 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記レーザ構造の電極の下に絶縁膜を形成することで電流非注入構造とすることを特徴とする。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収による COD のような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 2 7 】

第 1 9 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 6、1 7、1 8 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、共振器端面に誘電体膜をコーティングする際に、前記レーザ構造の電極上に誘電体膜が付着する領域が、前記電流非注入領域内に位置することを特徴とする。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内にするにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 0 2 8 】

本発明に係る第 2 0 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して高反射膜となる誘電体多層膜であることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の後方を誘電体多層膜で構成される高反射膜コーティングを施すこ

とが多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 0 2 9 】

第 2 1 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して低反射膜となることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の前方を誘電体からなる低反射膜コーティングを施すことが多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 0 3 0 】

本発明に係る第 2 2 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜が端面汚染を防止する保護膜となることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の前方を誘電体からなる端面汚染（端面酸化）防止の保護膜コーティングを施すことが多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 0 3 1 】

【発明の実施の形態】

（第 1 の実施形態）

本発明に係る第 1 の実施形態は、GaN系半導体の結晶成長において、開口率の

異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位化および基板の主面に垂直方向の積層膜厚が変化することを検証することを目的とする。

【0032】

以下、本発明の第1の実施形態によるGaN系半導体の結晶成長方法の詳細について図面を参照しながら説明する。

【0033】

図1および図2は本実施形態に係る半導体の構成断面図を示している。まず、(0001)面を主面とするサファイア基板11を酸溶液を用いて洗浄を行なう。その後、洗浄した基板11を有機金属気相成長(MOVPE)装置(図示せず)の反応炉内のサセプタに保持し、反応炉を真空排気する。続いて、反応炉内を圧力が300Torr(1Torr=133.322Pa)の水素雰囲気とし、温度を約1100℃にまで昇温して基板11を加熱し表面のサーマルクリーニングを約10分間行なう。

【0034】

次に、反応炉を約500℃にまで降温した後、基板11の主面上に、供給量7sccmのトリメチルガリウム(TMg)と、供給量が7.5slmのアンモニア(NH₃)ガスと、キャリアガスとして水素とを同時に供給することにより、厚さが20nmのGaNよりなる低温バッファ層を成長する。続いて、反応炉を約1000℃にまで昇温し、厚さが約1mmのGaN層12を成長する(図1(a))。

【0035】

この後、基板11を反応炉から取り出し、GaN層12上に選択成長用の絶縁膜13を形成する。絶縁膜13は二酸化珪素(SiO₂)とし、プラズマCVD装置で100nm程度堆積させる(図1(b))。続いて、絶縁膜13上にレジスト膜14を塗布し(図1(c))、フォトリソグラフィー法により、開口率の異なる以下のレジストパターンを形成する(図1(d))。(レジスト膜14の幅(W1):レジスト除去幅(Ws)、開口率)=(3mm:15mm、0.83)、(6mm:12mm、0.67)、(9mm:9mm、0.50)、(12mm:6mm、0.33)、(15mm:3mm、0.17)。ただし、このストライプ方向はGaN膜の<1-100>方向で、周期はすべて18mmで同一である。また、各レジストパターンは20mm角のブロック形状であり、各パターン間は5mm程度離し選択成長時に相互の影響がないよう

にした。この後、レジスト膜14をエッチングマスクとして、レジスト除去部の絶縁膜13をフッ酸溶液で除去しGaN層12を露出させる(図2(e))。続いて、アセトンなどの有機溶液によりレジスト膜14を除去する(図2(f))。

【0036】

この後、GaN層を選択成長するために、ストライプ状の絶縁膜13が堆積された基板11を前記MOVPE装置の反応炉内のサセプタに保持し、反応炉を真空排気する。続いて、反応炉内を圧力が200Torrの水素雰囲気とし、温度を約1000℃にまで昇温して、供給量7sccmのトリメチルガリウム(TMG)と、供給量が7.5slmのアンモニア(NH₃)ガスと、キャリアガスとして水素とを同時に供給することにより、4時間程度GaN層15を選択成長する。

【0037】

選択成長終了後、基板11を反応炉から取り出し、走査電子顕微鏡(SEM)を用いて、選択成長したGaN層15の断面形状および膜厚を観察した。各選択成長パターンにおいて、絶縁膜13の開口部分から絶縁膜13上に横方向に伸びたGaN層がお互いに合体して平坦化した(図2(g),(h))。次に、各選択成長パターンにおいて、絶縁膜13上に選択成長したGaN層15の積層膜厚を実測し、開口率依存性としてその結果を図3に示す。図3から、開口率の減少に伴い、GaN層15の積層膜厚が単調に減少していることがわかる。したがって、絶縁膜13の周期は一定であっても、その開口率を変化させることで絶縁膜13上のGaN層の積層膜厚を変化させることが可能であることが検証できた。尚、この結果は、前記の第2文献「Journal of Crystal Growth, Vol.195 (1998) 328-332」と同様の傾向である。

【0038】

次に、透過電子顕微鏡(TEM)を用いて貫通転位の観察をおこなった。その結果、絶縁膜13の開口部分では貫通転位密度が $1\text{E}9\text{cm}^{-2}$ 程度で転位低減は見られないが、絶縁膜13上では貫通転位が基板と水平方向に屈曲し、貫通転位密度は $1\text{E}7\text{cm}^{-2}$ 程度に低転位化されていることが検証できた。

【0039】

(第2の実施形態)

本発明に係る第2の実施形態は、GaN系半導体レーザの結晶成長において、前記第1の実施形態に基づいて、開口率の異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位構造とレーザ共振器端面でのCOD発生抑制に有効な端面窓構造を同時に高歩留り・低コストで製造することを目的とする。

【0040】

以下、本発明の第2の実施形態によるGaN系レーザの製造方法の詳細について図面を参照しながら説明する。

【0041】

図4から図7は本実施形態に係る半導体レーザの構成断面図を各プロセス順に示している。まず、(0001)面を主面とするサファイア基板21を酸溶液を用いて洗浄を行なう。その後、洗浄した基板21を有機金属気相成長(MOVPE)装置(図示せず)の反応炉内のサセプタに保持し、反応炉を真空排気する。続いて、反応炉内を圧力が300Torrの水素雰囲気とし、温度を約1100℃にまで昇温して基板21を加熱し表面のサーマルクリーニングを約10分間行なう。

【0042】

次に、反応炉を約500℃にまで降温した後、基板21上に、供給量7sccmのトリメチルガリウム(TMGe)と、供給量が7.5slmのアンモニア(NH₃)ガスと、キャリアガスとして水素とを同時に供給することにより、厚さが20nmのGaNよりなる低温バッファ層を成長する。続いて、反応炉を約1000℃にまで昇温し、厚さが約1mmのGaN層22を成長する(図4(a))。

【0043】

この後、基板21を反応炉から取り出し、GaN層22上に選択成長用の絶縁膜23を形成する。絶縁膜23は二酸化珪素(SiO₂)とし、プラズマCVD装置で100nm程度堆積させる(図4(b))。続いて、絶縁膜23上にレジスト膜24を塗布し(図4(c))、フォトリソグラフィ法により、(レジスト膜24の幅(WI) : レジスト除去幅(Ws)、開口率) = (12mm : 6mm、0.33)のストライプ1(長さ: 700mm)を18mm周期で形成する。ただし、レーザ共振器端面の窓構造となる領域では(レジスト膜24の幅(WI) : レジスト除去幅(Ws)、開口率) = (15mm : 3mm、0.17)のストライプ2(長さ: 50mm)を同周期

(1.8 mm) で形成する。このストライプパターンの構成表面図を図 5 (d) に示す。また、ストライプ1領域での構成断面図を図 5 (e) に示す。また、このストライプ方向はGaN膜の $\langle 1-100 \rangle$ 方向とした。この後、レジスト膜 2 4 をエッチングマスクとして、レジスト除去部の絶縁膜 2 3 をフッ酸溶液で除去しGaN層 2 2 を露出させる (図 5 (f))。続いて、アセトンなどの有機溶液によりレジスト膜 2 4 を除去する (図 6 (g))。

【 0 0 4 4 】

この後、GaN層を選択成長するために、ストライプ状の絶縁膜 2 3 が堆積された基板 2 1 を前記MOVPE装置の反応炉内のサセプタに再度保持し、反応炉を真空排気する。続いて、反応炉内を圧力が 2 0 0 Torrの水素雰囲気とし、温度を約 1 0 0 0 °Cにまで昇温して、供給量7sccmのトリメチルガリウム (TMG) と、供給量が7.5slmのアンモニア (NH₃) ガスと、キャリアガスとして水素とを同時に供給することにより、図 5 (d) の選択成長マスクパターン上にGaN層 2 5 を選択成長する。この際に、絶縁膜 2 3 の開口率が異なることにより、GaN層 2 5 の積層膜厚に膜厚差が生じる ((図 6 (h)))。本実施形態の場合、前記ストライプ 1 領域のGaN層 2 5 を約 4 mm選択成長した時点で (図 7 (i))、絶縁膜 2 3 の開口率の異なる前記ストライプ 2 (端面窓構造) 領域では膜厚が薄膜化し約 3.5 mmとなっている (図 7 (j))。尚、この傾向は図 2 に示す通りである。また、本実施形態では開口率の異なるマスクパターンを直接接合させたが、緩やかにテーパ状に開口率を変化させると、GaN層 2 5 の膜厚変化も緩やかになり、転位等の欠陥の導入が抑制される。

【 0 0 4 5 】

続いて、n型ドーパントとしてシラン (SiH₄) ガスも供給して、厚さが約 2 mmでSi不純物濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のn型GaNよりなるn型コンタクト層 2 6 を成長する。次に、トリメチルアルミニウム (TMA) も供給しながら、厚さが約 0.7 mmでSi不純物濃度が $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ のn型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nよりなるn型クラッド層 2 7 を成長する。続いて、厚さが約 1 2 0 nmでSi不純物濃度が約 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ のn型GaNよりなる第 1 の光ガイド層 2 8 を成長した後、温度を約 8 0 0 °Cにまで降温し、キャリアガスを水素から窒素に変更して、トリメチルインジウム (TMI) とTMGを供給して

厚さが約 3 nm の $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ よりなる量子井戸 (3 層) と厚さが約 9 nm の GaN バリア層 (2 層) からなる多重量子井戸活性層 2 9 を成長する。その後、再び反応炉内の温度を約 1 0 0 0 °C にまで昇温しキャリアガスを窒素から水素に戻して、p 型ドーパントであるビスシクロペンタジエニルマグネシウム (Cp_2Mg) ガスを供給しながら、厚さが約 2 0 nm で Mg 不純物濃度が $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ よりなるキャップ層 3 0 を成長する。次に、厚さが約 1 2 0 nm で Mg 不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の p 型 GaN よりなる第 2 の光ガイド層 3 1 を成長する。続いて、厚さが約 0.7 mm で Mg 不純物濃度が $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ の p 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ よりなる p 型クラッド層 3 2 を成長する。最後に、厚さが約 0.1 mm で Mg 不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の p 型 GaN よりなる p 型コンタクト層 3 3 を成長する (図 7 (k))。結晶成長終了後、レーザ構造の積層膜厚を断面 SEM で確認したところ、ストライプ 1 領域の方がストライプ 2 領域よりも約 0.5 mm 厚くなっており、これは GaN 層 2 5 の膜厚差が継続されたものと思われる。また、ストライプ 1 領域の活性層 2 9 は、ストライプ 2 領域では p 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 3 2 中に位置していることが確認された (図 8)。このため、ストライプ 1 領域の活性層で発生したレーザ光は、端面窓構造領域では活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層中を伝搬することになるため、端面領域でのレーザ光の吸収は低減される。

【 0 0 4 6 】

成長終了後、まず p 型半導体層の活性化加熱処理を行う。MOVPE 装置の反応炉から基板を取り出し、p 型不純物活性化の加熱処理を施すためにアニール炉の中に搬送する。次にアニール炉を真空排気した後、供給量 3 slm の窒素ガスを導入して大気圧にした後、7 5 0 °C で 2 0 分間の加熱処理をおこなう。加熱処理後、基板を室温まで降温し、アニール炉から取り出す。

【 0 0 4 7 】

以下、レーザ構成断面図を示した図 9 を参照しながら、レーザ加工プロセスについて説明する。

【 0 0 4 8 】

加熱処理終了後、基板 2 1 の表面を SiO_2 よりなる絶縁膜で堆積させる。続いて、この絶縁膜上にレジスト膜を堆積させ、フォトリソグラフィー法により p 型コ

ンタクト層 33 のリッジ形成位置（リッジ幅は 2 mm 程度）のみにレジスト膜が残るようにする。この際、リッジ形成を絶縁膜 23 上の選択成長領域（低転位密度領域）で実施することで、レーザ素子の動作電流低減および長寿命化が実現できる。この後、レジスト膜をエッチングマスクとして、レジスト除去部の絶縁膜をフッ酸溶液で除去し p 型コンタクト層 33 を露出させる。続いて、リッジ形成位置以外をドライエッチング装置でエッチングし、活性層 29 上の p 型層の残し膜厚を 50 nm 程度にする。その後、アセトンなどの有機溶液によりレジスト膜 34 を除去する。

【0049】

次に、n 型電極の形成位置以外を SiO₂ よりなる絶縁膜で覆い、ドライエッチングで n 型コンタクト層 26 を露出させる。また、p 側と n 側の電气的分離は SiO₂ からなる絶縁膜 34 で形成し、リッジ位置の p 型コンタクト層 33 上の絶縁膜 34 をフッ酸溶液で除去する。n 側電極 35 として Ti/Al、p 側電極 36 として Ni/Pt/Au を形成する。

【0050】

続いて、レーザ共振器端面のへき開工程に移る。まず、基板 21 をサファイア基板の裏面から研磨し総膜厚を 120 μm 程度に薄膜化する。その後、共振器端面がサファイア基板の $\langle 1-100 \rangle$ 方向（へき開面は $(11-20)$ 面）となるように、基板 21 をへき開装置（図示せず）でへき開する。この際、前記ストライプ 2（端面窓構造）領域の中央でへき開することにより、端面窓構造領域（長さ：25 mm）を両端面に持つバー状態のレーザ素子 1（共振器長：750 mm）を作製することができる。

【0051】

次に、以下の手順でレーザ共振器の後端面に高反射膜コートをおこなう。高反射膜は SiO₂ と二酸化チタン（TiO₂）の 3 対で構成される誘電体多層膜構造とした。

【0052】

レーザ共振器長（750 mm）よりも短いシリコン製バーをバー状態のレーザ素子間に挟み込み治具に固定する。シリコン製バーを共振器長よりも短く設計する

のは、スパッタ時にシリコン製バーが障害となってレーザ端面に誘電体が設計通りにコートできなくなることを回避するためである。続いて、レーザ素子が固定されている治具表面全体に前記誘電体膜をスパッタすることで端面コートをおこなう。今回使用したシリコン製バーの高さは735mmとした。このため、レーザ素子1の後端面では、端面から共振器方向に15mmまでの領域（端面窓構造領域以内）で、レーザ素子の電極側および基板側ともに前記誘電体多層膜が付着していることになる。

【0053】

最後に、バー状態のレーザ素子1の2次へき開をおこなってレーザチップに分離して、レーザキャンにpサイドダウンで実装する。実装時には、レーザチップを炭化珪素（SiC）からなるサブマウントに半田を介して実装する。尚、光出射端面は半田が付着しないようにサブマウントから少し（10mm程度）前面に出して実装する。レーザ表面の凹凸状態が明確になるように、絶縁膜34、n側電極35およびp側電極36を除いて描いたレーザチップ図を図10に示す（以下、図11、図14も同様）。

【0054】

比較として、前記ストライプ2（端面窓構造）領域を有しない、前記ストライプ1領域のみで構成されるレーザ素子2を作製した（図11）。

【0055】

第2の実施形態は、レーザ素子特性に以下に述べる大きな特徴を有している。

【0056】

本実施形態により作製したレーザ素子1は、電流注入により前記ストライプ1領域で利得が発生し室温連続発振に到った。この際の閾値電流およびスロープ効率は各々50mA、1.0W/Aであった（図12）。尚、比較として作製したレーザ素子2の閾値電流およびスロープ効率は各々45mA、1.0W/Aであった（図12）。レーザ素子1で閾値電流が増加しているのは、端面窓構造領域（長さ：25mm）を両端面に持ったために、この領域でレーザ発振に寄与しない無効電流があるためである。次に、30mWの高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子1および素子2において実施した（図13）。レーザ素子2では、劣化率が0.

2mA/h程度であるのに対して、レーザ素子1では0.05mA/h程度であり、1000時間の安定動作（動作電流の2倍以下）を実証した。寿命試験後に各レーザ素子のエレクトロルミネッセンス（EL）像をサファイア基板裏面から観察した（図示せず）。レーザ素子1ではリッジに沿って共振器長全体が一様に発光したが、レーザ素子2では両端面付近で発光が弱くなっており、特に光出射端面側においてその傾向が強かった。これはレーザ素子2は、端面窓構造領域を有しないために、端面の表面準位で非発光再結合が進行し、端面付近の発熱量が増加し、一種のCODが発生しているものと思われる。さらに、pサイドダウン実装では光出射端面に半田が付着しないように端面近傍と半田とを空間的に分離しているために、レーザ素子2では放熱が悪化しCODが発生しやすくなっていると思われる。GaN系半導体レーザでは材料的に動作電圧が高いために消費電力が必然的に大きくなる。このため、従来のGaN系以外の半導体レーザでは問題にならなかった放熱性（特に端面近傍）が非常に重要になることが現象的に明らかになった。以上から、本発明によるレーザ素子では、1回の選択成長で、高光出力動作での長寿命化で必須となる低転位構造と端面窓構造を同時に形成することができるため、製造方法を容易化でき、歩留まり向上と製造コスト低減を実現できることを見出した。尚、レーザ素子1では端面窓構造を有するため、光ディスク再生時の戻り光の影響を受けにくく、2～3mWの低光出力から30mWの高光出力に渡って低雑音化できる可能性がある。

【0057】

（第2の実施形態の比較例1）

本発明に係る第2の実施形態の比較として、以下の実験をおこなった。

【0058】

前記第2の実施形態のレーザ素子1に対して、レーザ共振器端面の開口率を大きくし積層膜厚を増加させたレーザ素子3を作製した（図14）。

【0059】

レーザ素子3の作製手順は、結晶成長のストライプ2の開口率を除いて前記第2の実施形態と同様である。ここで、レーザ素子3のストライプ2は（レジスト膜24の幅：レジスト除去幅、開口率）＝（9mm：9mm、0.5）で形成する。

ストライプ1は（レジスト膜24の幅：レジスト除去幅、開口率）＝（12mm：6mm、0.33）で形成されるため、レーザ共振器端面で絶縁膜の開口率が増加する構造となる。結晶成長後、レーザ構造全体の積層膜厚を断面SEMで実測すると、ストライプ1領域では約6.5mm、ストライプ2領域であり約6mmであり、共振器端面で積層膜厚が増加していることがわかった。尚、この傾向は図3に示す通りである。

【0060】

レーザ素子3では、閾値電流およびスロープ効率はいずれも60mA、0.6W/Aであった。次に、30mWの高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子5で実施したが、10時間程度で動作電流が300mAとなる急速劣化傾向を示した。次に、レーザ素子3をサブマウントからはずして、レーザ素子表面の半田付着の様子をSEMを用いて観察した（図示せず）。端面窓構造（ストライプ2）領域以外は半田が付着していないことが判明し、放熱悪化がレーザ素子の寿命に影響を及ぼしていると思われる。この半田の不完全密着は、ストライプ2領域で積層膜厚が増加しているために、この領域で半田密着が優先されたことに起因する。

【0061】

以上により、端面窓構造を作製する場合には、この領域の積層膜厚が少なくとも端面窓構造領域以外と同等あるいはそれ以下にする必要があることがわかった。

【0062】

（第3の実施形態）

本発明に係る第3の実施形態は、GaN系半導体レーザの結晶成長において、前記第1の実施形態に基づいて、開口率の異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位密度構造とレーザ共振器端面でのCOD発生抑制に有効な端面窓構造とを同時に高歩留りで製造することを目的とする。

【0063】

以下、本発明の第3の実施形態によるGaN系レーザの製造方法は以下の通りである。

【0064】

結晶成長および電極形成までの手順は前記第 2 の実施形態と同様である。ただし、第 2 の実施形態におけるストライプ 2（端面窓構造）領域に相当する領域で、p 側電極をウェットエッチングにより除去する工程が導入されている。へき開、端面コートおよび実装の手順は前記第 2 の実施形態と同様である。このように作製されたレーザ素子 4 は、端面窓構造領域では p 側電極が存在しないために端面電流非注入構造となる。レーザ素子 4 のリッジ下付近の構造断面図を図 1 5 に示す。

【 0 0 6 5 】

第 3 の実施形態は、レーザ素子特性に以下に述べる大きな特徴を有している。

【 0 0 6 6 】

本実施形態により作製したレーザ素子 4 は、電流注入により端面窓構造領域以外で利得が発生し室温連続発振に到った。この際の閾値電流およびスロープ効率 は各々 4 5 mA、1.0W/A であった。第 2 の実施形態で作製したレーザ素子 1 の閾値電流（5 0 mA）よりも低閾値化できているのは、端面窓構造領域を電流非注入構造としたために、レーザ素子 1 で問題となっていたこの領域でのレーザ発振に寄与しない無効電流が抑制されたためである。次に、3 0 mW の高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子 4 で実施した（図 1 6）。レーザ素子 4 では、劣化率が 0.02mA/h 程度であり、1 0 0 0 時間の安定動作（動作電流の 2 倍以下）を実証した。寿命試験後にレーザ素子の EL 像をサファイア基板裏面から観察した（図示せず）。レーザ素子 4 では寿命試験後においてもリッジに沿って共振器長全体が一様に発光しており、COD 発生は見られなかった。以上により、端面窓構造および端面電流非注入構造を有するレーザ素子では高光出力動作における信頼性が一段と向上でき、高歩留り・低コスト化に寄与することを見出した。尚、レーザ素子 4 では端面窓構造を有するため、光ディスク再生時の戻り光の影響を受けにくく、2 ～ 3 mW の低光出力から 3 0 mW の高光出力に渡って低雑音化できる可能性がある。

【 0 0 6 7 】

（第 4 の実施形態）

本発明に係る第 4 の実施形態は、GaN 系半導体レーザの結晶成長において、前

記第 1 の実施形態に基づいて、開口率の異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位密度構造とレーザ共振器端面での COD 発生抑制に有効な端面窓構造を同時に高歩留りで製造することを目的とする。

【 0 0 6 8 】

以下、本発明の第 4 の実施形態による GaN 系レーザの製造方法は以下の通りである。

【 0 0 6 9 】

結晶成長等の手順は前記第 2 の実施形態とおおよそ同様である。ただし、第 2 の実施形態におけるストライプ 2（端面窓構造）領域に相当する位置で、p 側電極下に SiO₂ からなる絶縁膜 37 を形成する工程が導入されている。電極形成、へき開、端面コートおよび実装の手順は前記第 2 の実施形態と同様である。このように作製されたレーザ素子 5 は、端面窓構造領域では p 側電極下に絶縁膜が存在するため、端面電流非注入構造となる。レーザ素子 5 のリッジ下付近の構造断面図を図 17 に示す。

【 0 0 7 0 】

第 4 の実施形態は、レーザ素子特性に以下に述べる大きな特徴を有している。

【 0 0 7 1 】

本実施形態により作製したレーザ素子 5 は、電流注入により端面窓構造領域以外で利得が発生し室温連続発振に到った。この際の閾値電流およびスロープ効率は各々 45 mA、1.0 W/A であった。第 2 の実施形態で作製したレーザ素子 1 の閾値電流（50 mA）よりも低閾値化できているのは、端面窓構造領域を電流非注入構造としたために、レーザ素子 1 で問題となっていたこの領域でのレーザ発振に寄与しない無効電流が抑制されたためである。次に、30 mW の高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子 5 で実施した。レーザ素子 5 では、レーザ素子 4 と同様に、劣化率が 0.02 mA/h 程度であり、1000 時間以上の安定動作を実証した。寿命試験後にレーザ素子 5 の EL 像をサファイア基板裏面から観察した（図示せず）。レーザ素子 5 では寿命試験後においてもリッジに沿って共振器長全体が一様に発光しており、COD 発生は見られなかった。以上により、端面窓構造および端面電流非注入構造を有するレーザ素子では高光出力動作における信頼性

が一段と向上でき、高歩留り・低コスト化に寄与することを見出した。尚、レーザ素子5では端面窓構造を有するため、光ディスク再生時の戻り光の影響を受けにくく、2～3 mWの低光出力から30 mWの高光出力に渡って低雑音化できる可能性がある。

【0072】

(第4の実施形態の比較例1)

本発明に係る第4の実施形態の比較として、以下の実験をおこなった。

【0073】

前記第2の実施形態のレーザ素子2(端面窓構造領域なし)において、前記第4の実施形態の端面電流非注入構造を適用したレーザ素子6を作製した。

【0074】

レーザ素子6では、閾値電流およびスロープ効率は各々45 mA、1.0W/Aであり、レーザ素子4および素子5と同等の電流-光出力特性を示した。次に、次に、30 mWの高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子6で実施した(図18)。レーザ素子6では、劣化率が0.08mA/h程度であり、レーザ素子2の劣化率(0.2mA/h)よりは改善されるものの、レーザ素子1の劣化率(0.05mA/h)には及ばないことがわかった。寿命試験後にレーザ素子6のEL像をサファイア基板裏面から観察した(図示せず)。レーザ素子6では寿命試験後においてもリッジに沿って共振器長全体がおおよそ一様に発光しており、顕著なCOD発生は見られなかった。

【0075】

以上により、端面窓構造を有しない場合には端面電流非注入構造とすることにより、端面付近の発熱を抑制することができ、レーザ素子の長寿命化には有効であることがわかった。しかしながら、端面電流非注入構造に端面窓構造を付加することにより、端面でのレーザ光吸収が抑制される分だけ端面発熱が抑制され、長寿命化が図られたものと思われる。

【0076】

(第5の実施形態)

本発明に係る第5の実施形態は、GaN系半導体レーザの結晶成長において、前

記第 1 の実施形態に基づいて、開口率の異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位密度構造とレーザ共振器端面での COD 発生抑制に有効な端面窓構造を同時に高歩留りで製造することを目的とする。

【 0 0 7 7 】

以下、本発明の第 5 の実施形態による GaN 系レーザの製造方法は以下の通りである。

【 0 0 7 8 】

結晶成長の手順は前記第 2 の実施形態とおおよそ同様である。ただし、第 2 の実施形態におけるストライプ 2（端面窓構造）領域の共振器方向長さを様々に変化させた。また、前記第 4 の実施形態の端面電流非注入構造を導入した。へき開、端面コートおよび実装の手順は前記第 2 の実施形態と同様である。以上により今回、端面窓構造領域（長さ：15、25、35、50、75 mm）を両端面に持つ各レーザ素子群 7（共振器長：750 mm）を作製した。ここで、端面窓構造領域（長さ：25 mm）を両端面に持つレーザ素子は前記レーザ素子 5 のことである。また、共振器長における端面窓構造領域占有率を（端面窓構造領域）/（共振器長）と定義すると、端面窓構造領域（長さ：15、25、38、55、75 mm）を両端面に持つレーザ素子における前記占有率は各々（4、7、10、15、20%）となる。

【 0 0 7 9 】

以下に、第 5 の実施形態により作製したレーザ素子 7 の特性を示す。

【 0 0 8 0 】

各レーザ素子 7 の電流-光出力特性を測定し、閾値電流と端面窓構造領域占有率の関係を図 19 に示す。図 19 から、占有率が 10% 以下では、閾値電流の増加は顕著でないが、10% を超える占有率では、実質的な短共振器化により、閾値電流の増加を招く。閾値電流増加は、30 mW の高光出力での一定光出力寿命試験での動作電流増加に繋がり、寿命時間が短くなる。以上から、レーザ素子 7 の端面窓構造領域占有率は 10% 以下であることが望ましいことを見出した。

【 0 0 8 1 】

（第 6 の実施形態）

本発明に係る第 6 の実施形態は、GaN 系半導体レーザの結晶成長において、前記第 1 の実施形態に基づいて、開口率の異なる絶縁膜を用いた選択成長法により、低転位密度構造とレーザ共振器端面での COD 発生抑制に有効な端面窓構造を同時に高歩留りで製造することを目的とする。

【 0 0 8 2 】

以下、本発明の第 6 の実施形態による GaN 系レーザの製造方法は以下の通りである。

【 0 0 8 3 】

結晶成長、電極形成、へき開の手順は前記第 4 の実施形態と同様である。ただし、端面コートにおいて、前記第 2 の実施形態では誘電体膜の電極側付着領域を端面窓構造領域以内としたが、第 6 の実施形態では誘電体膜付着領域を変化させた。実装の手順は前記第 2 の実施形態と同様である。今回、誘電体膜スパッタ時のシリコン製バーの高さを調整することにより、誘電体膜付着領域を共振器端面から 15、25、50、75 mm とした。ここで、誘電体膜領域 (25 mm) を両端面に持つレーザ素子は前記レーザ素子 5 のことである。

【 0 0 8 4 】

このように作製された各レーザ素子 8、9、10 (誘電体膜付着領域：15、50、75 mm) の特性を以下に示す。

【 0 0 8 5 】

レーザ素子 8、9、10 の電流-光出力特性は、レーザ素子 5 とほぼ同様であった。次に、30 mW の高光出力での室温一定光出力寿命試験をレーザ素子 8、9、10 で実施した。劣化率はレーザ素子 8 で 0.02 mA/h、素子 9 で 0.1 mA/h、素子 10 で 0.4 mA/h 程度であった。ちなみに、レーザ素子 5 の劣化率は素子 8 と同様に 0.02 mA/h 程度である。各レーザ素子の劣化率と共振器端面からの誘電体膜領域の関係を図 16 に示す。次に、レーザ素子 10 をサブマウントからはずして、レーザ素子表面の半田付着の様子を SEM を用いて観察した (図示せず)。誘電体膜付着領域では半田が付着していないことが判明し、この領域で放熱が悪化し、レーザ素子の寿命に影響を及ぼしていることが予想された。以上から、誘電体膜付着領域を端面窓構造領域および端面電流非注入領域以内に設計することに

より、レーザ素子の放熱悪化が抑制され長寿命化に寄与することを見出した。尚、本発明による実施例では、端面コートをレーザ共振器後端面に施したが、レーザ共振器前端面（光出射側）に低反射膜コート、保護膜コートおよび高反射膜コートを施した場合でも前記の効果がある。また、この効果は前記レーザ素子6においても同様である。

【 0 0 8 6 】

【発明の効果】

本発明に係る第1の半導体発光素子の製造方法は、前記の目的を達成し、基板の主面上に成長した窒化物系III-V族化合物半導体上に絶縁膜を間隔をおいてストライプ状に周期的に形成する工程と、その上に窒化物系III-V族化合物半導体を再度成長する工程を備えており、前記絶縁膜と絶縁膜の開口間隔との比率（開口率）が基板主面上において一定でないことを特徴とする。開口率が一定でないことにより、再度成長する前記半導体の基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 8 7 】

第2の半導体発光素子の製造方法は、前記第1の製造方法において、再度成長した前記半導体が、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて、基板の主面に平行方向に成長することを特徴とする。開口率が一定でないために、前記絶縁膜上に成長した前記半導体においても、基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 8 8 】

本発明に係る第3の半導体発光素子の製造方法は、前記第1および第2の製造方法において、前記絶縁膜の開口部分に再度成長した前記半導体では転位密度が多く、前記絶縁膜の開口部分から前記絶縁膜上に向けて成長した前記半導体では転位密度が低減していることを特徴とする。開口間隔が一定でないことにより、転位密度の少ない領域において、基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 8 9 】

第4の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3の製造方法において、

前記絶縁膜の開口率が異なる各領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体が各々平坦化することを特徴とする。再度成長した前記半導体が平坦化することにより、低転位基板として利用することが可能になる。

【 0 0 9 0 】

第5の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3、4の製造方法において、前記絶縁膜の開口率が異なる領域において、前記絶縁膜上に再度成長した前記半導体の基板の主面に垂直方向の積層膜厚が異なることを特徴とする。開口率の異なる位置を任意に選ぶことにより、再度成長する前記半導体の基板垂直方向の膜厚分布も任意に変化させることが可能になる。

【 0 0 9 1 】

本発明に係る第6の半導体発光素子の製造方法は、前記第1、2、3、4の製造方法において、再度成長する前記半導体が窒化物系III-V族化合物半導体で構成され、少なくとも活性層、クラッド層、コンタクト層を有する半導体レーザ構造であることを特徴とする。前記絶縁膜上に成長した前記レーザ構造では、転位密度が低減しているために、レーザの長寿命化が可能になる。また、開口間隔が一定でないために、前記レーザ構造において基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 9 2 】

第7の半導体発光素子の製造方法は、前記第6の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が変化することを特徴とする。共振器端面で開口間隔が変化するために、共振器端面で基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【 0 0 9 3 】

本発明に係る第8の半導体発光素子の製造方法は、前記第7の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向に不連続であることを特徴とする。共振器端面で活性層位置が変化するために、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されること

で、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 9 4 】

第 9 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 6、7、8 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記絶縁膜の開口率が減少することを特徴とする。共振器端面で開口率が減少するために、基板の主面に垂直方向の積層膜厚を共振器端面で薄膜化することができ、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、COD のような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 9 5 】

本発明に係る第 1 0 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 5 および第 9 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の積層膜厚が薄膜化することを特徴とする。この薄膜化により、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、COD のような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。また、端面付近でレーザ構造が薄膜化しているために、基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、端面以外のレーザ素子の大部分が十分に放熱されることになる。一方、端面付近で厚膜化すれば、レーザ素子の端面部のみ放熱されることになるため、レーザ素子全体の発熱が増加し長寿命化に寄与しないことになる。

【 0 0 9 6 】

第 1 1 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 8、9、1 0 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の活性層位置が、共振器端面付近の領域で、基板の主面に垂直方向の基板側に変化することを特徴とする。活性層位置が基板側に変化することで、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層を共振器端面に配置することが可能になる。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、COD のような端面劣化が抑制されること

で、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 9 7 】

本発明に係る第 1 2 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 1 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主に活性層を伝搬しないことを特徴とする。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 9 8 】

第 1 3 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 1 および第 1 2 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きな半導体層をレーザ光が主に伝搬することを特徴とする。このため、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 0 9 9 】

本発明に係る第 1 4 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 3 の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、レーザ光が主にクラッド層を伝搬することを特徴とする。活性層よりもバンドギャップエネルギーの大きなクラッド層を共振器端面に配置することにより、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱が抑制され、CODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【 0 1 0 0 】

第 1 5 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 7、8、9、10、11、12、13 の製造方法において、前記絶縁膜の開口率が増加する片端面当たりの領域が、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面から共振器長の 10 % 以内の領域であることを特徴とする。開口率変化領域が増加すると、レーザ光の吸収領域が増加することになるため、動作電流の増加を招きレーザ素子の信頼性を低下させることになる。このため、共振器長の 10 % 以内に制限することで動作電流の増加を抑制し、レーザ端面付近でレーザ光の吸収による発熱を抑制する効果

でCODのような端面劣化を防ぎ、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【0101】

本発明に係る第16の半導体発光素子の製造方法は、前記第7、8、9、10、11、12、13、14、15の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、電流非注入構造を有することを特徴とする。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収によるCODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【0102】

第17の半導体発光素子の製造方法は、前記第16の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記レーザ構造の電極を除去することで電流非注入構造とすることを特徴とする。電流注入を可能にする電極を除去することで、端面付近では電流が流れないことになる。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収によるCODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【0103】

本発明に係る第18の半導体発光素子の製造方法は、前記第16の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、前記レーザ構造の電極の下に絶縁膜を形成することで電流非注入構造とすることを特徴とする。このため、レーザ端面付近で電流注入による発熱が抑制され、端面付近のバンドギャップエネルギーの縮小が抑制され、レーザ光の吸収によるCODのような端面劣化が抑制されることで、高光出力化および長寿命化が可能になる。

【0104】

第19の半導体発光素子の製造方法は、前記第16、17、18の製造方法において、再度成長する前記半導体レーザ構造の共振器端面付近の領域で、共振器端面に誘電体膜をコーティングする際に、前記レーザ構造の電極上に誘電体膜が付着する領域が、前記電流非注入領域内に位置することを特徴とする。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基

板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内にすることにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 1 0 5 】

本発明に係る第 2 0 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して高反射膜となる誘電体多層膜であることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の後方を誘電体多層膜で構成される高反射膜コーティングを施すことが多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 1 0 6 】

第 2 1 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜がレーザ光に対して低反射膜となることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の前方を誘電体からなる低反射膜コーティングを施すことが多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【 0 1 0 7 】

本発明に係る第 2 2 の半導体発光素子の製造方法は、前記第 1 9 の製造方法において、共振器端面にコーティングする誘電体膜が端面汚染を防止する保護膜となることを特徴とする。高光出力化を図るには、レーザ素子の共振器端面の前方を誘電体からなる端面汚染（端面酸化）防止の保護膜コーティングを施すことが

多い。基板の主面上に成長したレーザ構造側とサブマウントとを半田を介して実装した場合、基板主面上に付着した誘電体膜は半田との密着が不完全なため、この領域は放熱が悪化することになる。このため、この領域を電流非注入領域以内に位置することにより、電流注入による発熱をなくし放熱悪化の影響を除去することが可能になり、高光出力化および長寿命化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系半導体の構成断面図

【図 2】

本発明の第 1 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系半導体の構成断面図

【図 3】

本発明の第 1 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系半導体の積層膜厚と絶縁膜開口率との関係を示す図

【図 4】

本発明の第 2 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系レーザ構造の構成断面図

【図 5】

本発明の第 2 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系レーザ構造の構成断面図

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系レーザ構造の構成断面図

【図 7】

本発明の第 2 の実施形態に係るサファイア基板上に選択成長した GaN 系レーザ構造の構成断面図

【図 8】

本発明の第 2 の実施形態に係る絶縁膜開口率の異なる選択成長 GaN 系レーザの

共振器長方向の構成断面図

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態に係る選択成長GaN系レーザの構成断面図

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施形態に係る端面窓構造を有する選択成長GaN系レーザの構造図（ただし、電極および絶縁膜を除去した場合）

【図 1 1】

本発明の第 2 の実施形態比較例 1 に係る端面窓構造を有しない選択成長GaN系レーザの構造図（ただし、電極および絶縁膜を除去した場合）

【図 1 2】

本発明の第 2 の実施形態に係る各選択成長GaN系レーザ（レーザ素子 1、2）の電流-光出力特性を示す図

【図 1 3】

本発明の第 2 の実施形態に係る各選択成長GaN系レーザ（レーザ素子 1、2）の 3 0 m W の室温一定光出力寿命試験の結果を示す図

【図 1 4】

本発明の第 4 の実施形態比較例 2 に係る端面窓構造を有する選択成長GaN系レーザの構造図（ただし、電極および絶縁膜を除去した場合である）

【図 1 5】

本発明の第 3 の実施形態に係る端面窓構造と端面電流非注入構造を有する選択成長GaN系レーザの共振器長方向の構成断面図

【図 1 6】

本発明の第 3 の実施形態に係る選択成長GaN系レーザ（レーザ素子 4）の 3 0 m W の室温一定光出力寿命試験の結果を示す図

【図 1 7】

本発明の第 4 の実施形態に係る端面窓構造と端面電流非注入構造を有する選択成長GaN系レーザの共振器長方向の構成断面図

【図 1 8】

本発明の第 4 の実施形態比較例 1 に係る選択成長GaN系レーザ（レーザ素子 6

）の 3 0 mW の室温一定光出力寿命試験の結果を示す図

【図 1 9】

本発明の第 5 の実施形態に係る選択成長 GaN 系レーザ（レーザ素子 7）の閾値電流と端面窓構造占有率の関係を示す図

【図 2 0】

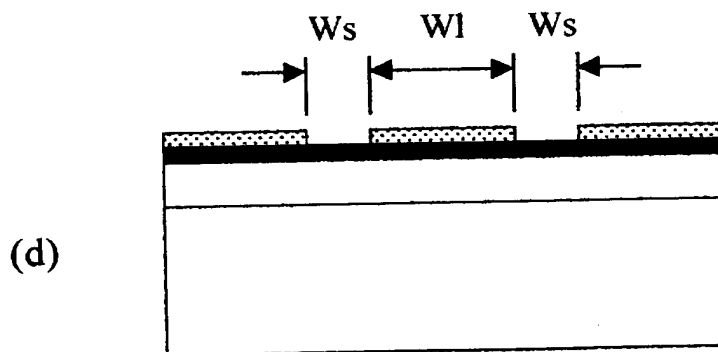
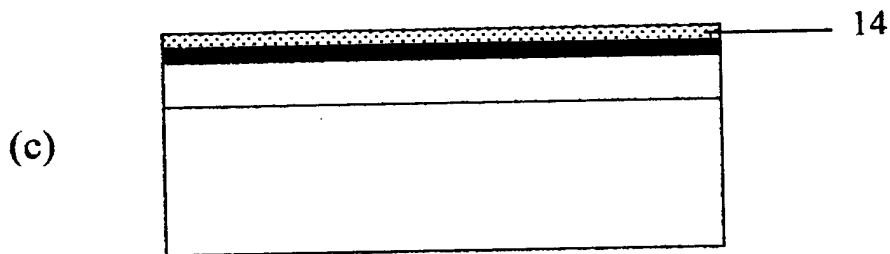
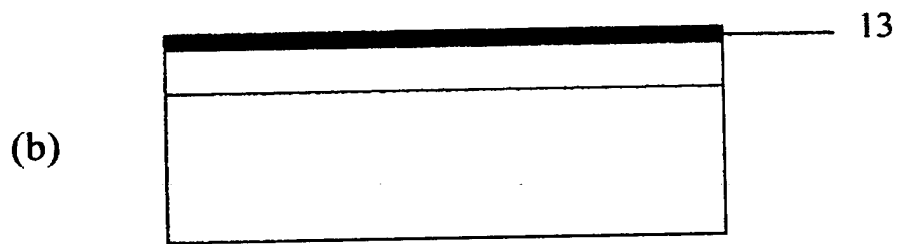
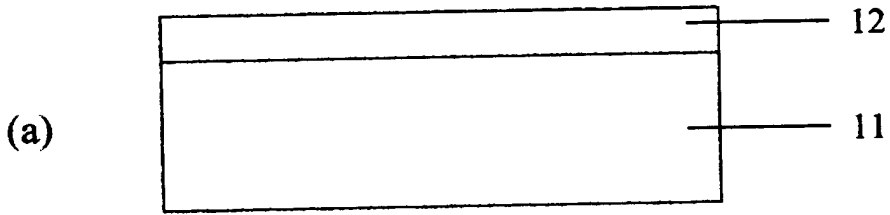
本発明の第 6 の実施形態に係る選択成長 GaN 系レーザ（レーザ素子 5、8～10）の劣化率と共振器端面からの誘電体膜付着領域の関係を示す図

【符号の説明】

- 1 1 サファイア基板
- 1 2 GaN 層
- 1 3 SiO₂ 膜
- 1 4 レジスト膜
- 1 5 選択成長 GaN 層
- 1 6 選択成長 GaN 層 1 5 の合体部分
- 2 1 サファイア基板
- 2 2 GaN 層
- 2 3 SiO₂ 膜
- 2 4 レジスト膜
- 2 5 選択成長 GaN 層
- 2 6 n 型 GaN コンタクト層
- 2 7 n 型 Al_{0.07}Ga_{0.93}N クラッド層
- 2 8 n 型 GaN 光ガイド層
- 2 9 In_{0.1}Ga_{0.9}N / GaN 多重量子井戸活性層
- 3 0 p 型 Al_{0.15}Ga_{0.85}N キャップ層
- 3 1 p 型 GaN 光ガイド層
- 3 2 p 型 Al_{0.07}Ga_{0.93}N クラッド層
- 3 3 p 型 GaN コンタクト層

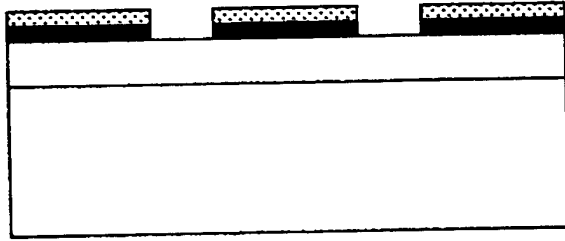
【書類名】 図面

【図 1】

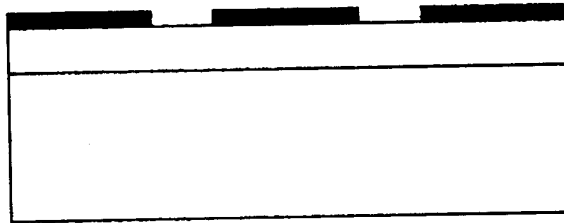


【図 2】

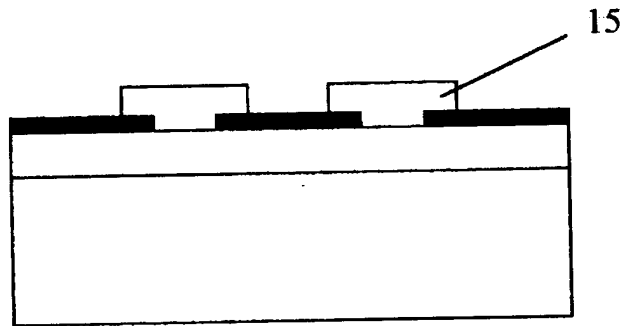
(e)



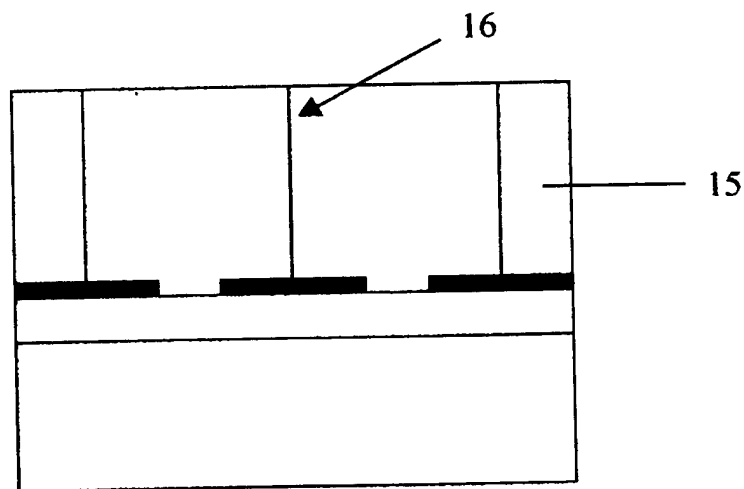
(f)



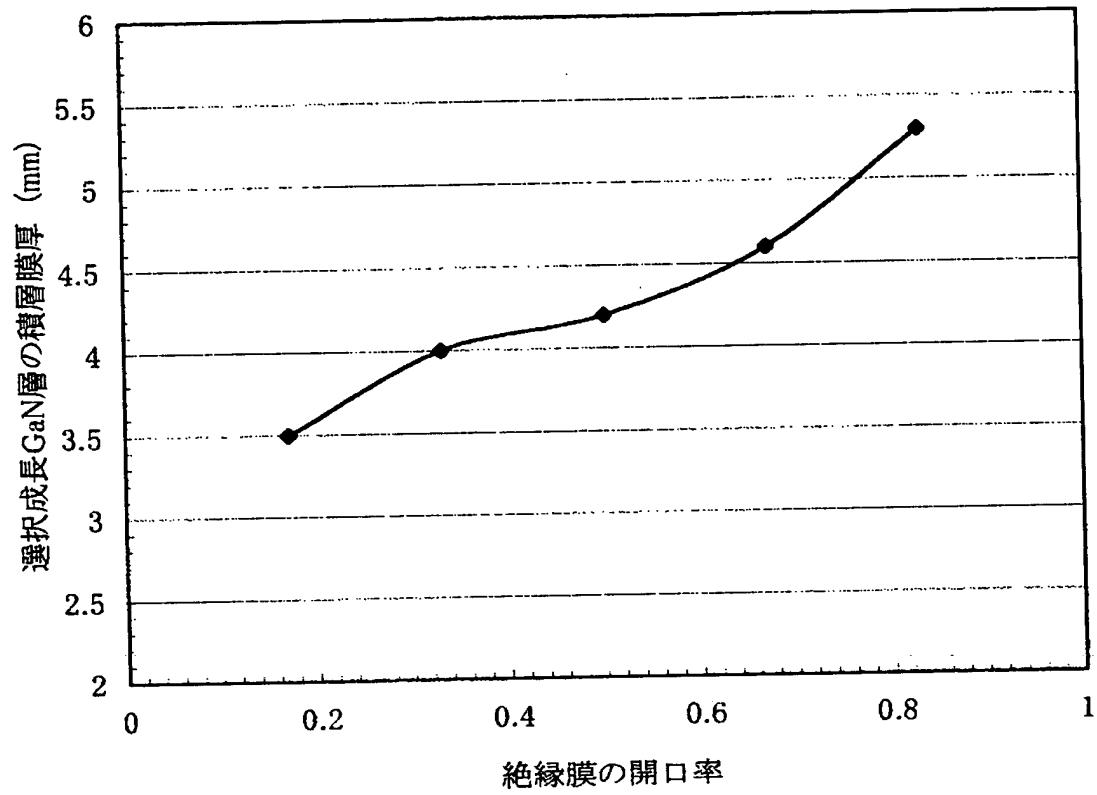
(g)



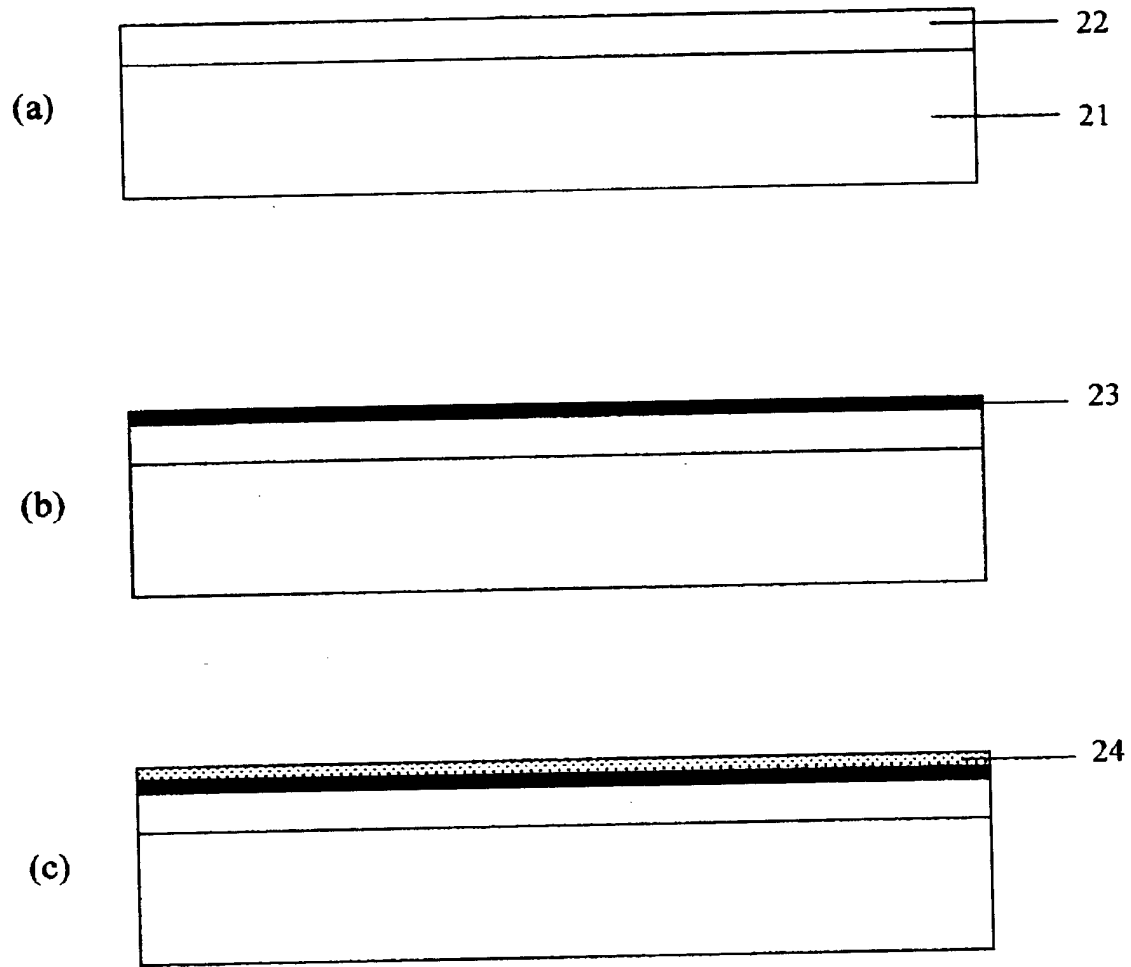
(h)



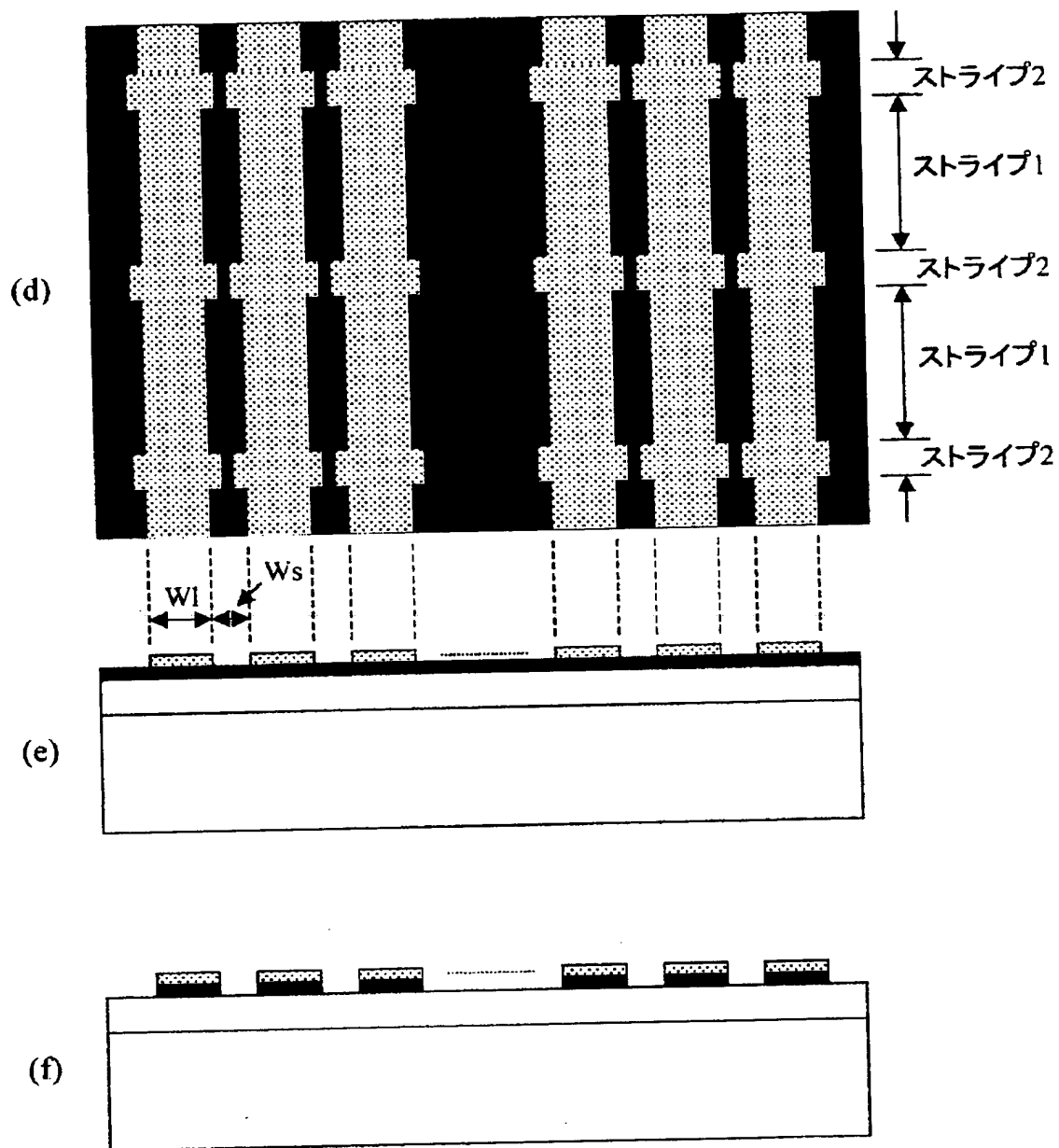
【図3】



【図 4】

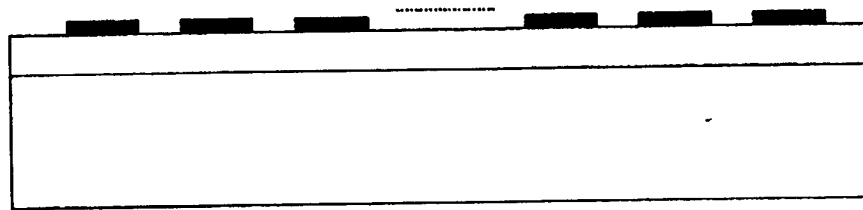


【図 5】

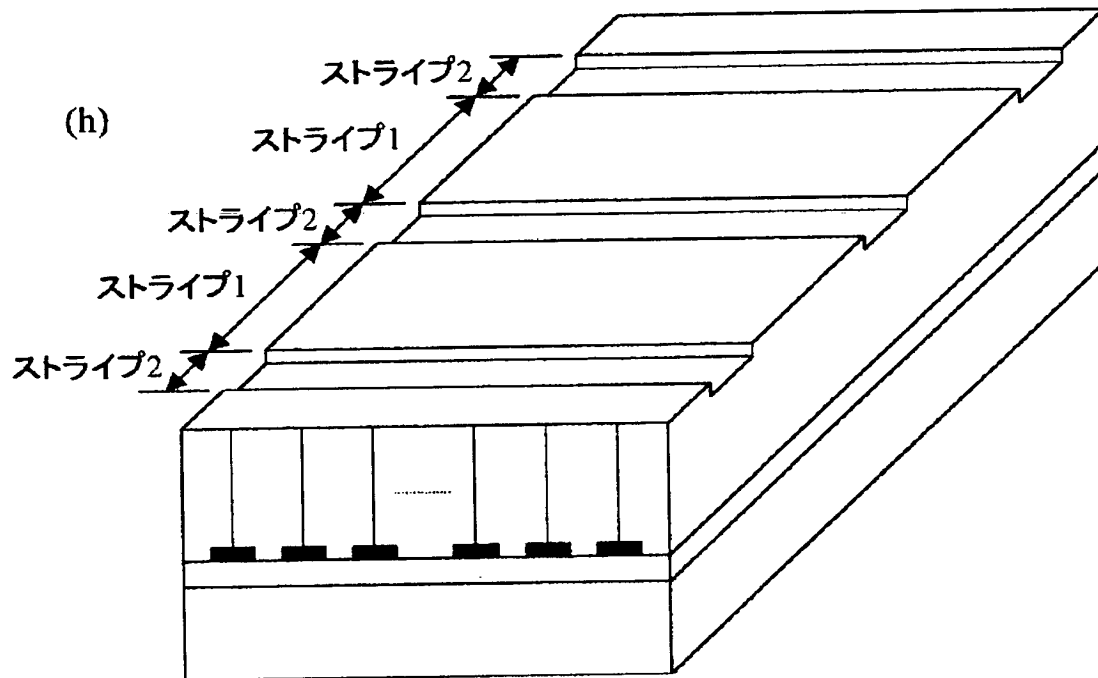


【図 6】

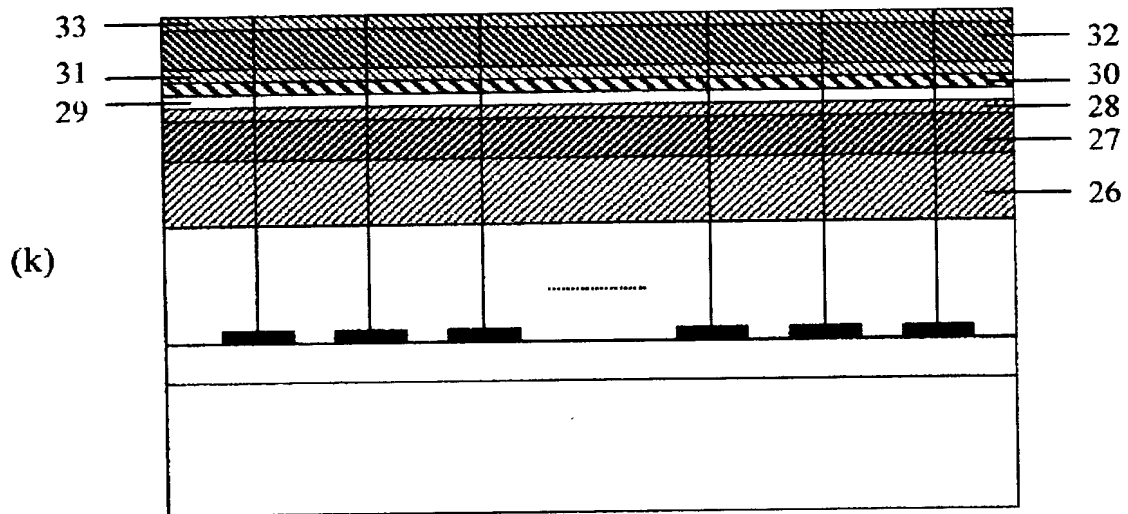
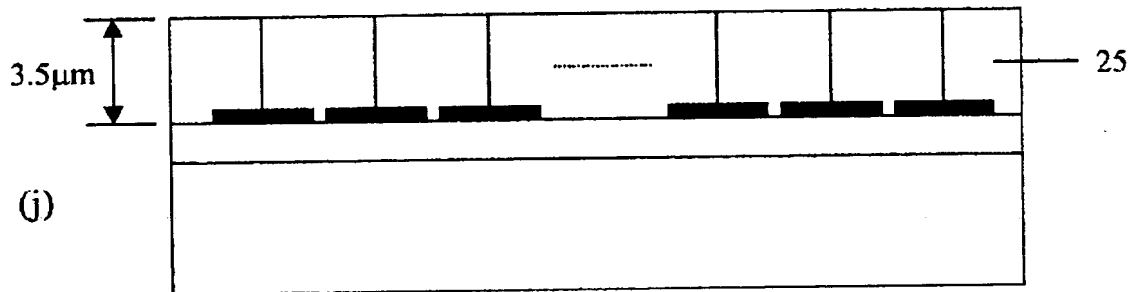
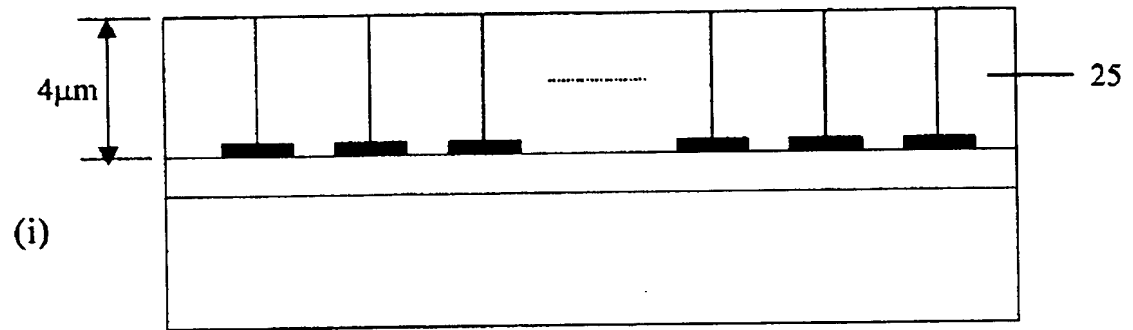
(g)



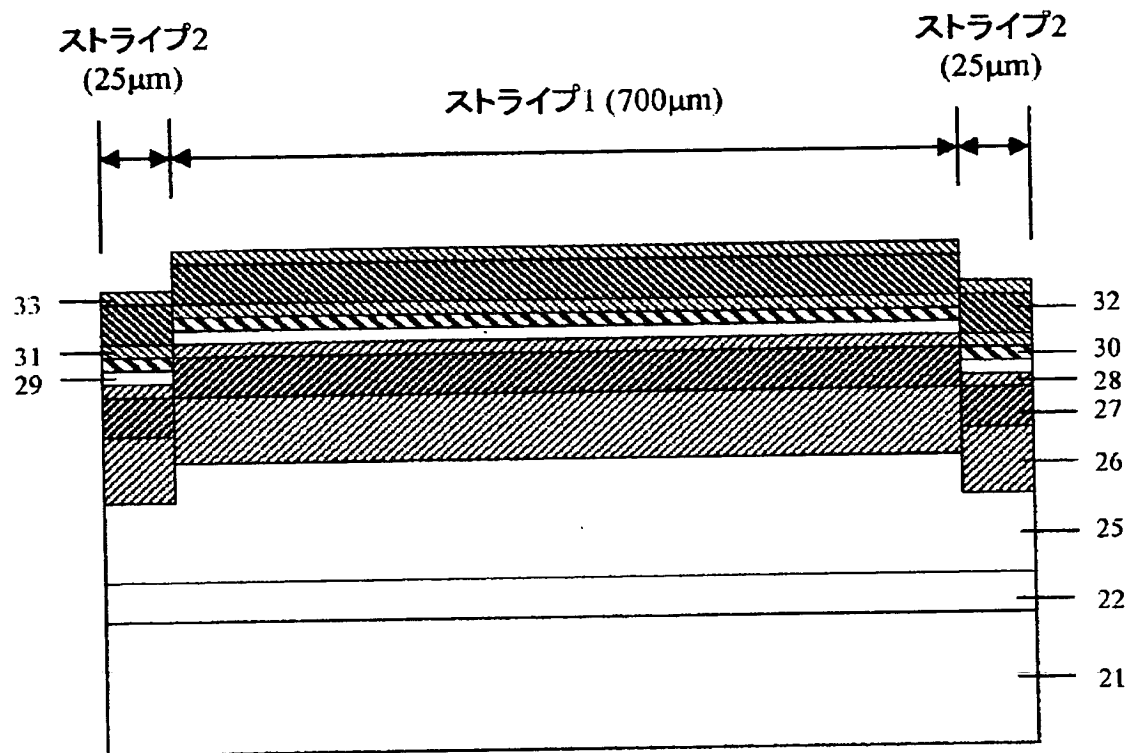
(h)



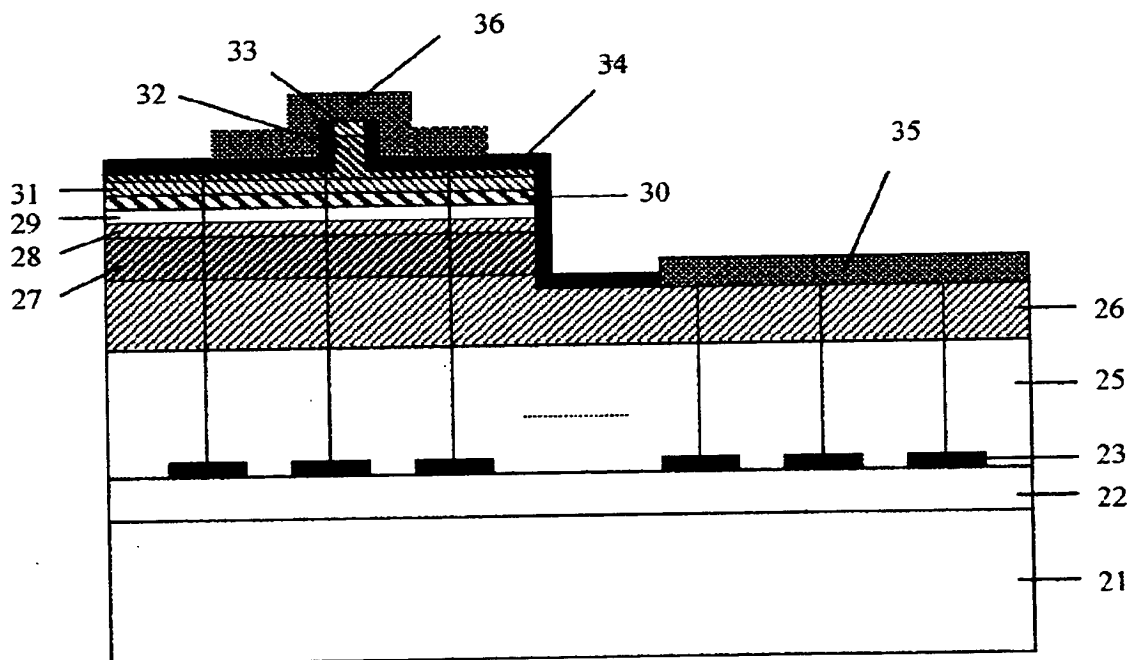
【図 7】



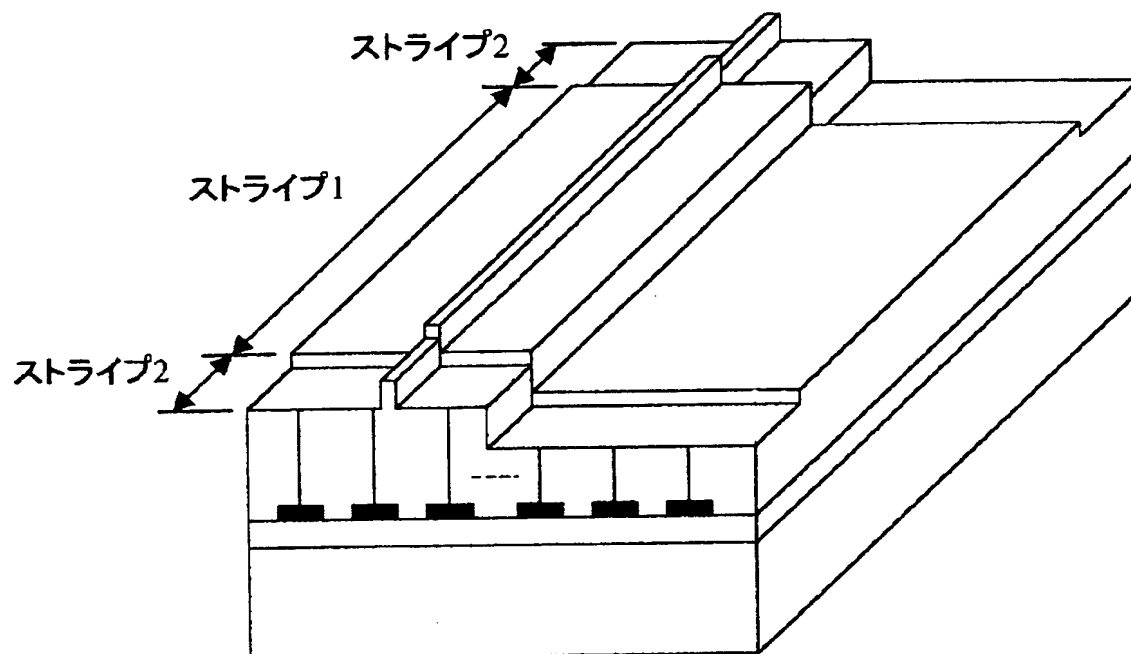
【図 8】



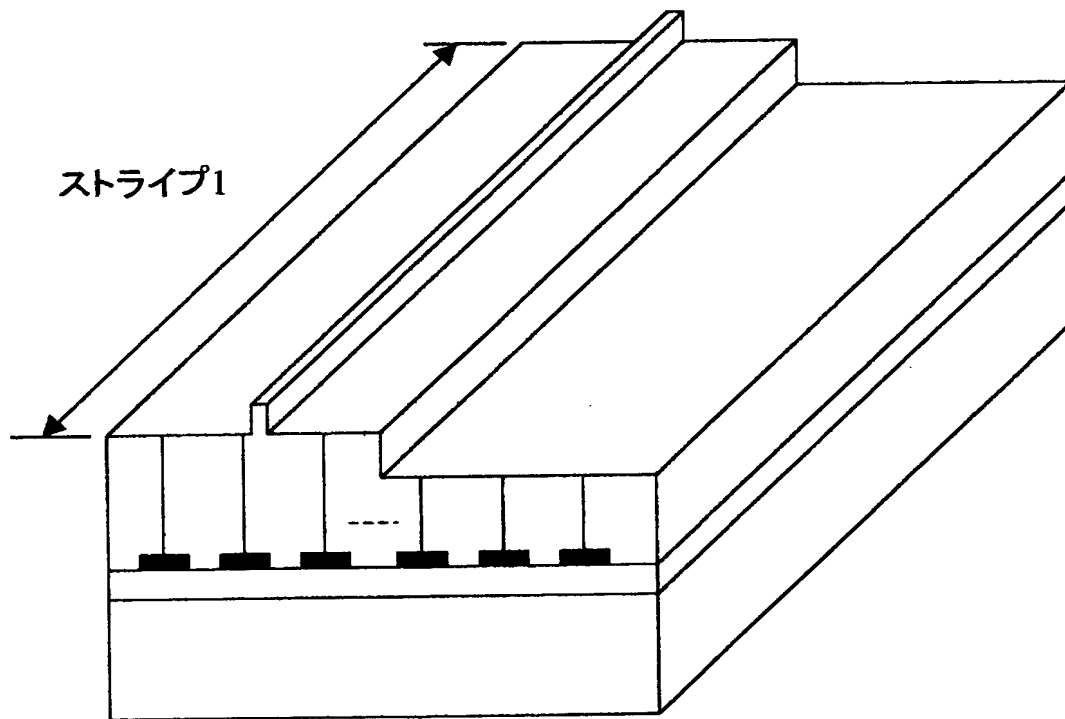
【図 9】



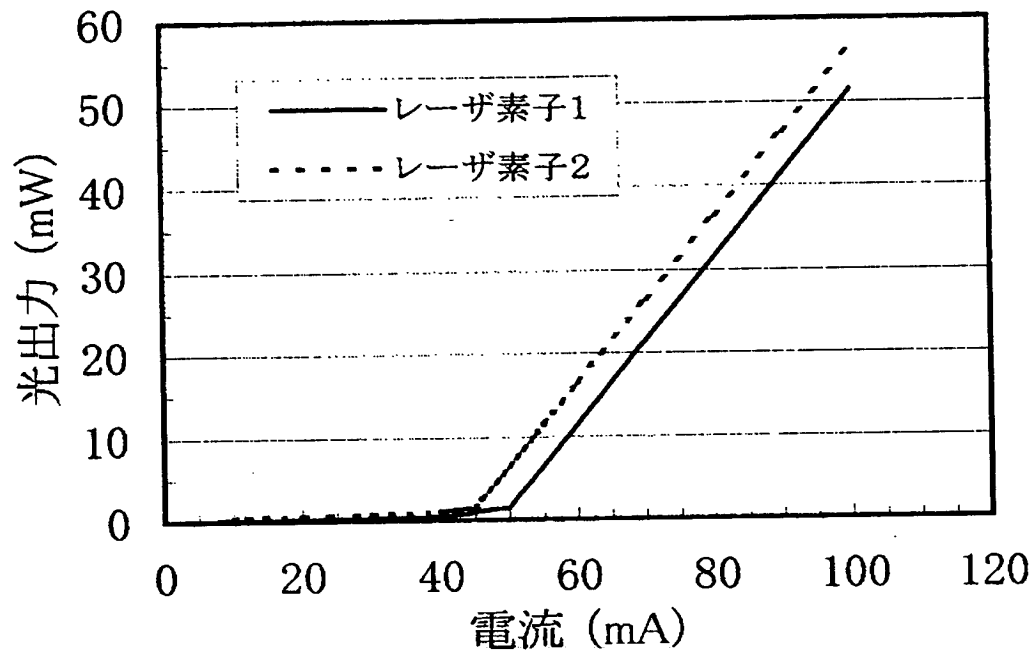
【図 1 0】



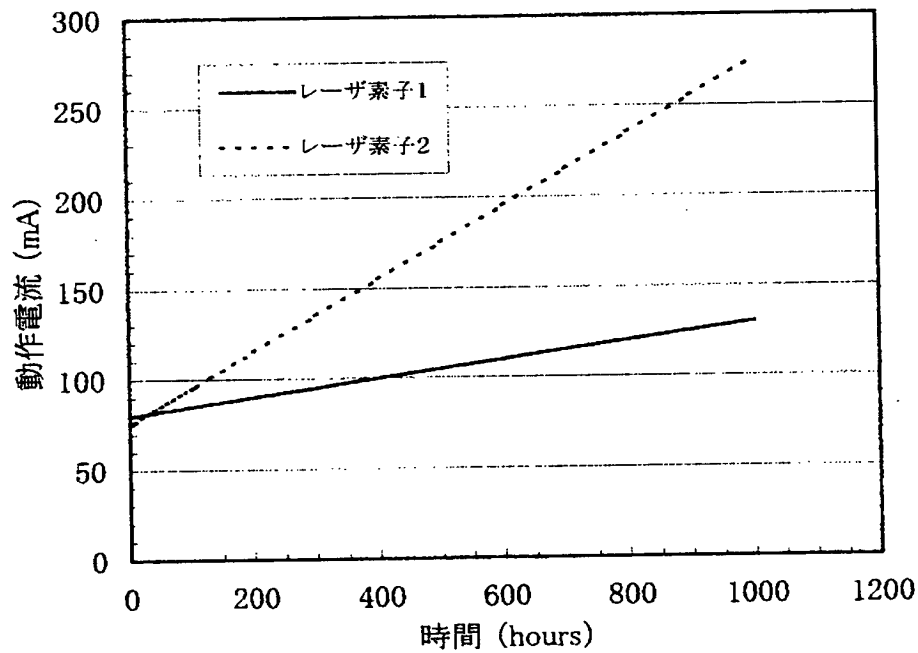
【図 1 1】



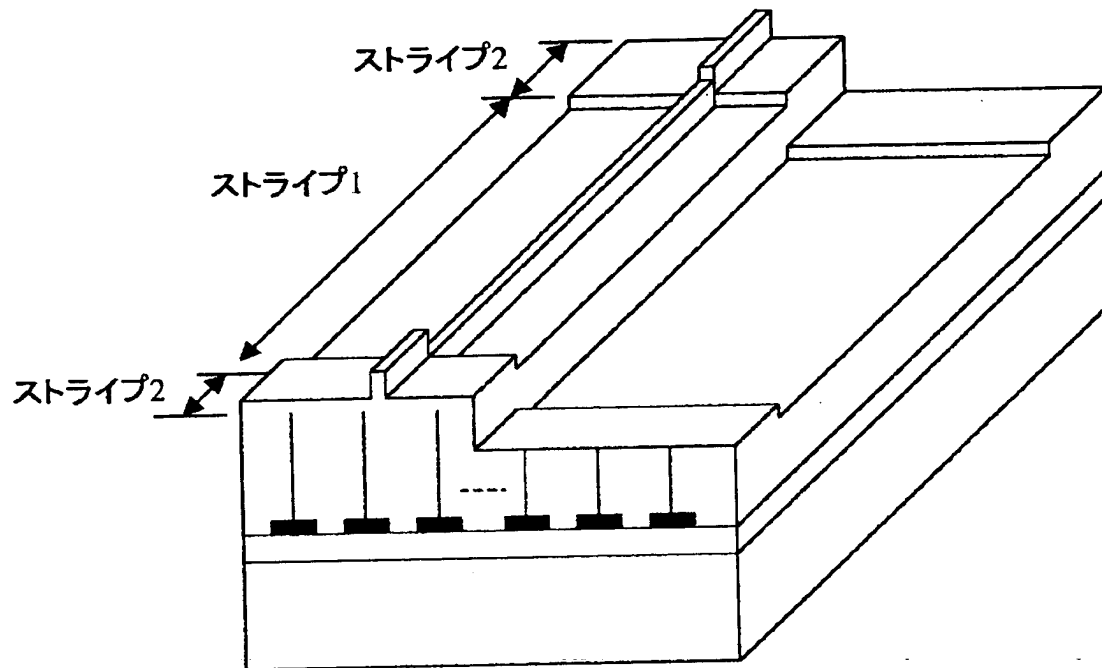
【図12】



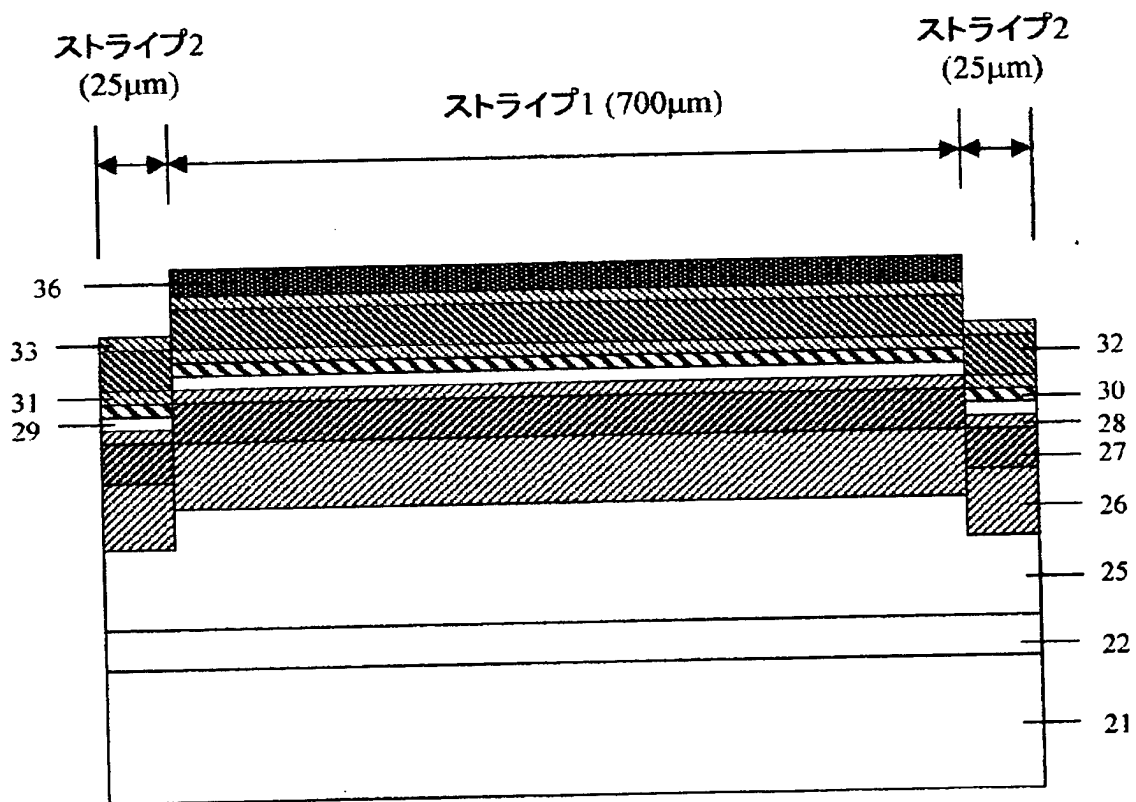
【図13】



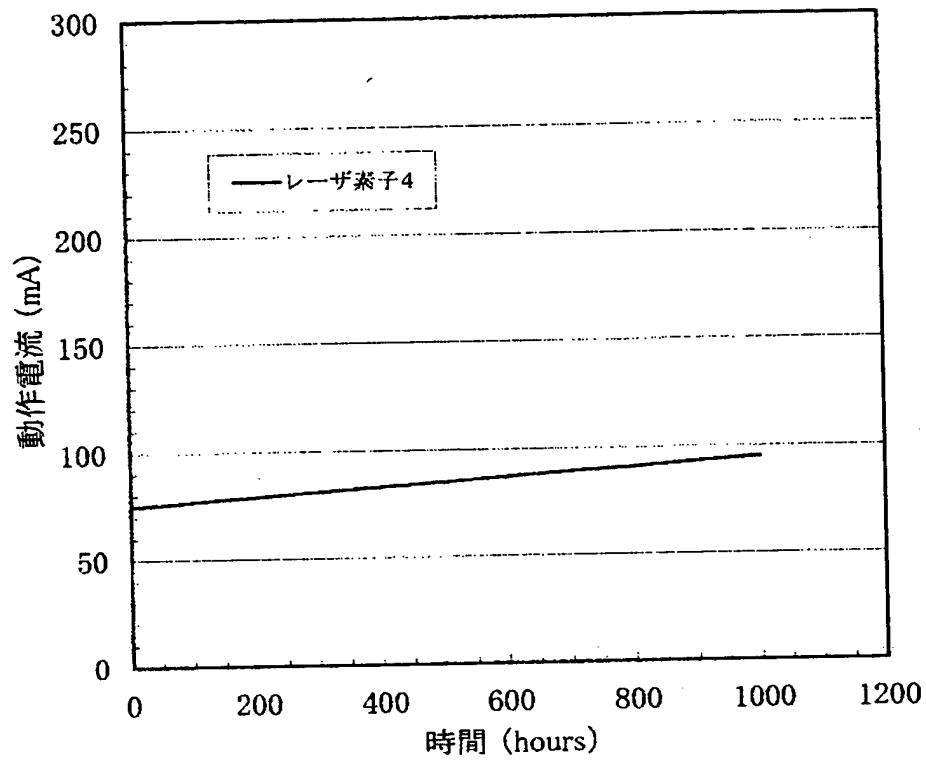
【図14】



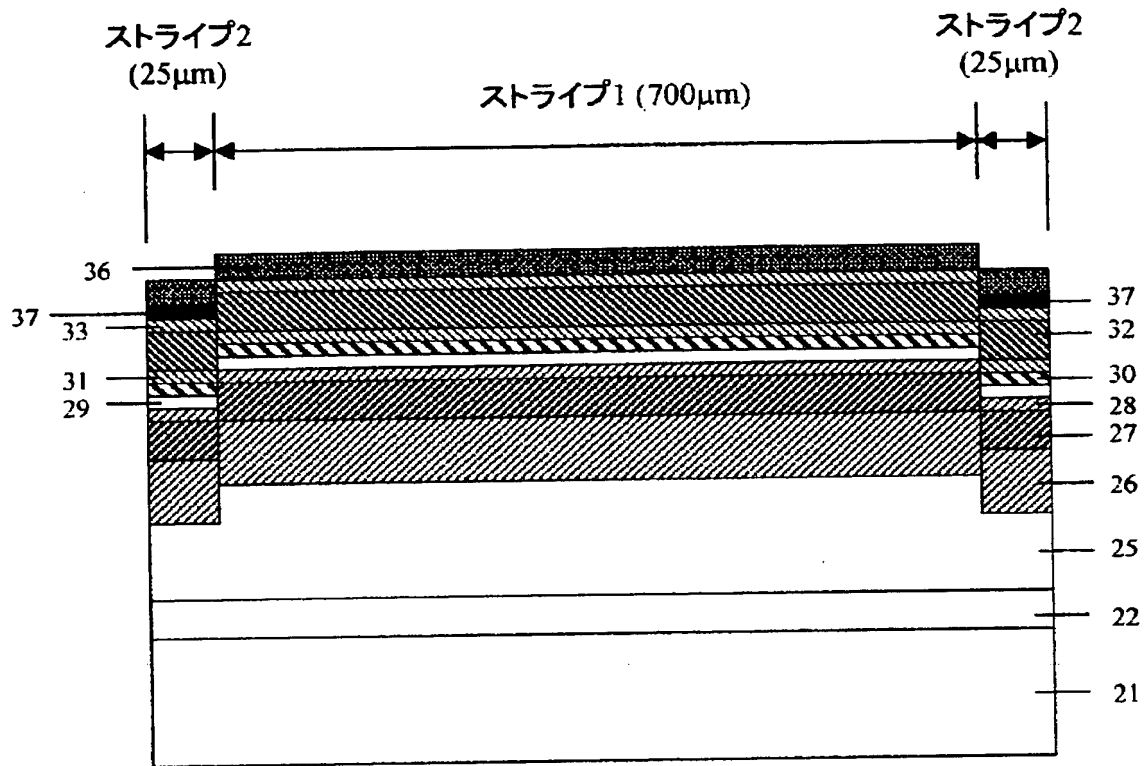
【図15】



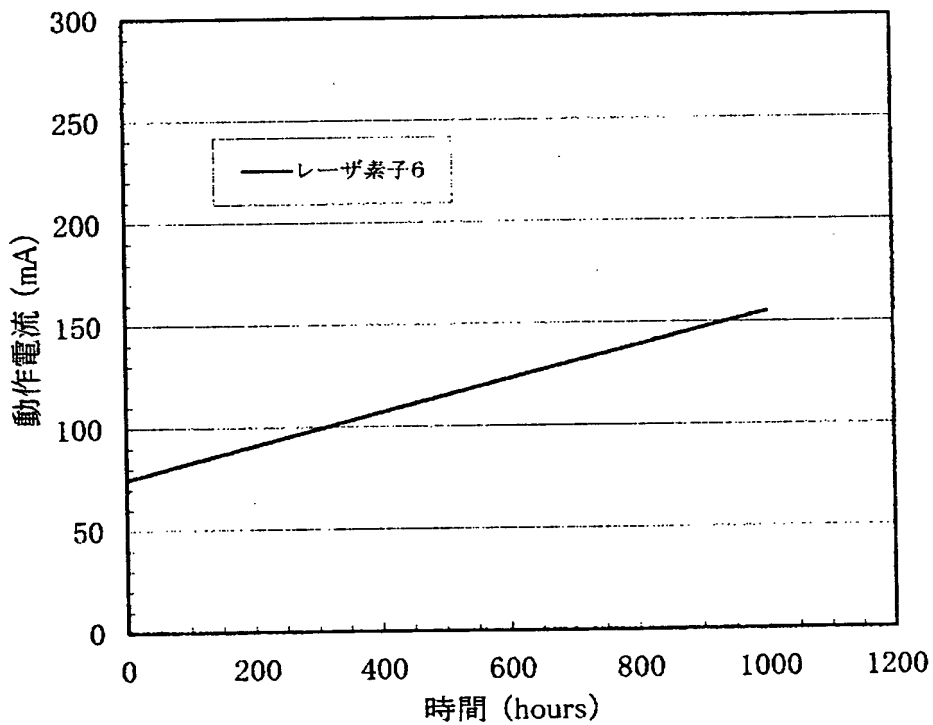
【図 1 6】



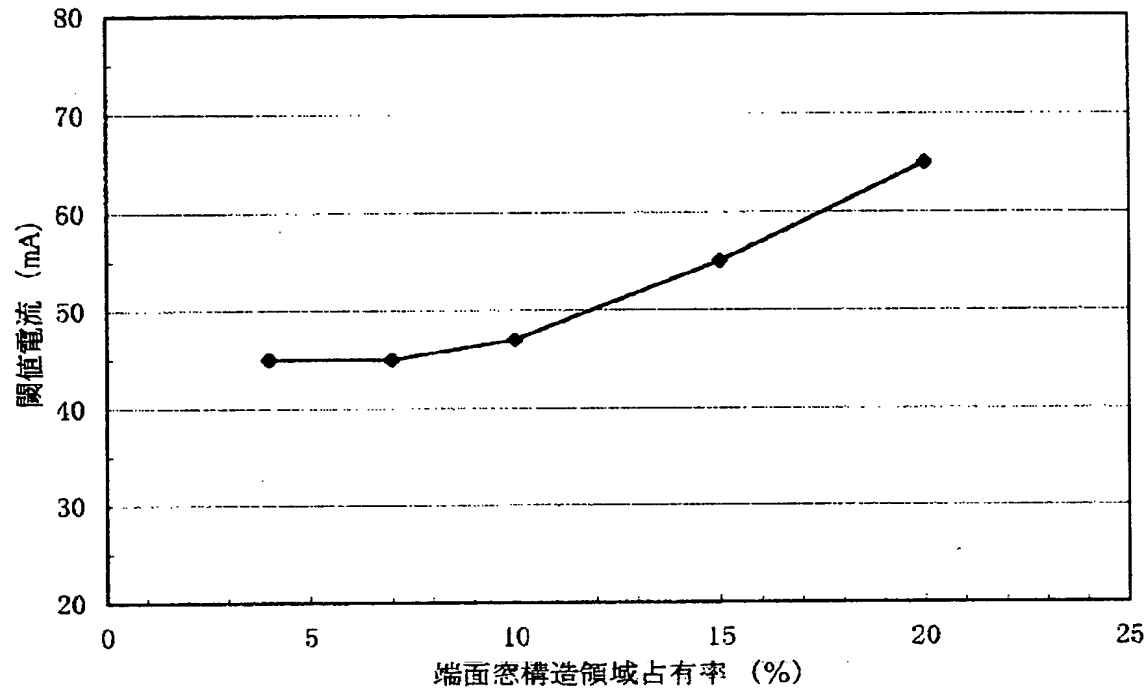
【図 1 7】



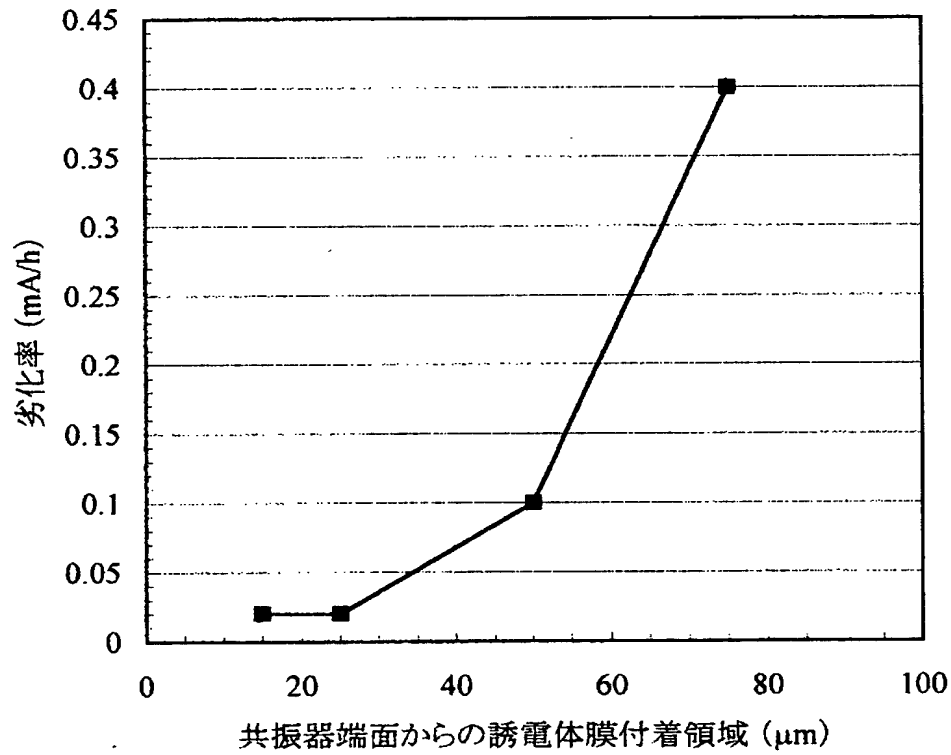
【図 1 8】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 GaN系紫色レーザの結晶成長で低転位構造と端面窓構造を同時に実現し、高光出力動作で長寿命化が可能なGaN系レーザを高歩留り・低コストで製造する方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 基板の主面上に成長した窒化物系III-V族化合物半導体上に絶縁膜を間隔をおいてストライプ状に周期的に形成する工程と、その上に窒化物系III-V族化合物半導体を再度成長する工程を備えており、前記絶縁膜と絶縁膜の開口間隔との比率（開口率）が基板主面上において一定でないことを特徴とする。開口率が一定でないことにより、再度成長する前記半導体の基板垂直方向の膜厚分布に変化を生じさせることが可能になる。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社